



TUGAS AKHIR - MS 141501

**ANALISIS IMPLEMENTASI KEBIJAKAN PENERAPAN
BALLAST WATER TREATMENT PADA INDUSTRI PELAYARAN :
STUDI KASUS PELAYARAN TANKER**

KARINA NUR ARUMSARI
NRP. 4413 100 051

DOSEN PEMBIMBING
Dr.Eng. I G. N. SUMANTA BUANA, S.T., M.Eng.
EKA WAHYU ARDHI, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



TUGAS AKHIR - MS 141501

**ANALISIS IMPLEMENTASI KEBIJAKAN PENERAPAN
BALLAST WATER TREATMENT PADA INDUSTRI PELAYARAN:
STUDI KASUS PELAYARAN TANKER**

KARINA NUR ARUMSARI
NRP. 4413 100 051

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Eng. IG.N. SUMANTA BUANA, S.T, M.Eng.
EKA WAHYU ARDHI, S.T, M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



FINAL PROJECT - MS 141501

**ANALYSIS OF BALLAST WATER TREATMENT POLICY
IMPLEMENTATION FOR SHIPPING INDUSTRY:
CASE STUDY OF OIL TANKER**

**KARINA NUR ARUMSARI
NRP. 4413 100 051**

**SUPERVISOR
Dr. Eng. I G.N. SUMANTA BUANA, S.T, M.Eng.
EKA WAHYU ARDHI, S.T, M.T.**

**DEPARTEMEN OF MARINE TRANSPORTATION
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUTE OF TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS IMPLEMENTASI PENERAPAN KEBIJAKAN
BALLAST WATER TREATMENT
PADA INDUSTRI PELAYARAN:
STUDI KASUS PELAYARAN TANKER**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Keahlian Pelayaran
Program S1 Departemen Teknik Transportasi Laut
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

KARINA NUR ARUMSARI
N.R.P. 4413 100 051

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Dosen Pembimbing I



Dr. Eng. I G.N. Sumanta Buana, S.T., M.Eng.

NIP 19680804 199402 1 001



Dosen Pembimbing II



Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.

NIP 19790525 201404 1 001

SURABAYA, JULI 2017

LEMBAR REVISI

ANALISIS IMPLEMENTASI PENERAPAN KEBIJAKAN *BALLAST WATER TREATMENT* PADA INDUSTRI PELAYARAN: STUDI KASUS PELAYARAN TANKER

TUGAS AKHIR

Telah Direvisi Sesuai Hasil Sidang Ujian Tugas Akhir
Tanggal 12 Juli 2017

Bidang Keahlian Pelayaran
Program S1 Departemen Teknik Transportasi Laut
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

KARINA NUR ARUMSARI

NRP. 4413 100 051

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir

1. Ir. Tri Achmadi, Ph.D.
2. Ir. Murdjito, M.Sc.Eng.
3. Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

1. Dr. Eng. I G.N. Sumanta Buana, S.T., M.Eng.
2. Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.



SURABAYA, JULI 2017

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Analisis Implementasi Penerapan Kebijakan Ballast Water Treatment pada Industri Pelayaran: Studi Kasus Pelayaran Tanker”**. Penulis ingin menyampaikan terima kasih secara khusus kepada Bapak Dr. Eng. I G.N Sumanta Buana, S.T, M.Eng. dan Bapak Eka Wahyu Ardhi, S.T, M.T., selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan saran, bimbingan, dan arahan selama masa perkuliahan dan pengerjaan Tugas Akhir ini. Selain itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis dan kakak yang selalu memberikan dukungan secara materi, motivasi dan doa.
2. Bapak Ir. Tri Achmadi, Ph.D selaku dosen wali penulis yang telah memberikan saran dan bimbingan selama masa perkuliahan.
3. Bapak Aditya dari Divisi Statutori Biro Klasifikasi Indonesia yang memberikan ilmu dan bimbingan terkait Konvensi *Ballast Water Management*.
4. Ibu Shinta dari Pertamina Shipping yang memberikan arahan dan data penunjang untuk penulis.
5. Mbak Wina Awallu dari Samudera Indonesia Ship Management atas saran dan bimbingannya.
6. Bapak dan Ibu Divisi Transportasi Laut Pusat Penelitian dan Pengembangan Kementerian Perhubungan Republik Indonesia atas saran dan masukannya terkait penelitian ini.
7. Dosen dan staff pengajar Departemen Teknik Transportasi Laut yang telah membimbing dan memberi arahan selama masa perkuliahan.
8. Teman-teman Laboratorium Mekanika Fluida Jurusan Sistem Perkapalan, Yudha dan Rizki yang tanpa lelah berdiskusi dan membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir.
9. Teman-teman Seatrans 2013 terkhususnya Nisa' ur, Arina, Besti, Amal, Nasa, Desy, Aliyah yang tanpa henti memberikan semangat satu sama lain selama perkuliahan di kampus dan terkhususnya dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

Untuk melengkapi kekurangan pada Tugas Akhir ini saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat diharapkan dan penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat.

Surabaya, Juli 2017

Karina Nur Arumsari

ABSTRAK

Sejak tahun 2004, *International Maritime Organization (IMO)* telah mengadopsi konvensi *Ballast Water Management* untuk mencegah penyebaran organisme air berbahaya dari suatu daerah ke daerah lain. Saat ini spesies invasive akibat pembuangan air balas telah ditemukan di 84% dari 232 wilayah laut yang ada di dunia. IMO telah membuat standar dan prosedur yang mengatur pengelolaan air balas serta sedimen di kapal berdasarkan konvensi tersebut. Kendala dari pengimplementasian konvensi ini adalah penambahan alat untuk *ballast water treatment* di atas kapal karena dianggap cukup mahal serta belum optimalnya penggunaan *reception facility* untuk melakukan penanganan air balas dari kapal di pelabuhan. Tugas Akhir ini bertujuan untuk menganalisis biaya per unit ekspor minyak mentah ke Hong Kong dan Singapura yang menggunakan kapal tanker akibat dari kebijakan *ballast water treatment*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa biaya per unit ekspor minyak mentah seluruh kapal dengan kisaran ukuran 6.500 – 110.000 DWT meningkat sekitar 0,8%-3% dengan metode *direct flow electrolysis*, sekitar 0,7%-2% dengan metode *side stream electrolysis* dan yang terendah 0,6%-1,9% dengan menggunakan metode UV. Kapal dengan ukuran 6.500 DWT atau kurang akan lebih murah jika menggunakan fasilitas di pelabuhan.

Kata Kunci : Konvensi *Ballast Water Management*, *UV Ballast Water Treatment*, *Direct-Electrolysis Ballast Water Treatment*, *Side-stream Electrolysis*, *Port-based Ballast Water Treatment*, biaya angkut, tanker

ABSTRACT

Since 2004, the International Maritime Organization (IMO) has adopted the Water Ballast Management Convention to prevent the spread of harmful water organisms as a result of untreated ballast water discharge from one region to another. Currently invasive species have been found in 84% of 232 worldwide sea territories. IMO has made several standards and procedures for on-board of vessels water ballasts and sediments management. The main obstacles of the implementation are the costly installation of the on-board ballast water treatment equipment and less utilization of the port's reception facility for treating water ballast from a particular ship to port. The aims of this Final Project are to analyze the transportation unit cost of oil tanker, transporting crude oil from Indonesia to Hong Kong and Singapore which is affected by the policy implementation. The results of this study shows that all export unit cost for tankers ranging from 6500-110.000 DWT will increase about 0.8%-3% when using direct-flow electrolysis method, 0.7%-2% using side-stream and the least increased unit cost if using UV method. 6500 DWT vessel or below has the least unit cost when using the Reception Facility.

Keywords: *Ballast Water Management Convention, UV Ballast Water Treatment, Direct-Electrolysis Ballast Water Treatment, Side-stream Electrolysis, Port-based Ballast Water Treatment, unit cost, oil tanker*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR REVISI	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Hipotesis.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Konvensi Manajemen Air Balas	5
2.2 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia terkait BWM	7
2.3 Teknologi dan Metode Manajemen Air balas	8
2.3.1 <i>Ballast Water</i>	8
2.3.2 Sistem Manajemen Air balas <i>On-board</i>	8
2.3.3 Sistem Manajemen Air balas di Pelabuhan	14
2.4 Investasi Alat <i>On-board Ballast Water Treatment</i>	20
2.5 Biaya Operasional <i>Ballast Water Treatment</i>	22
2.6 Biaya Perawatan dan Perbaikan	23
2.7 Biaya Transportasi Laut	23

2.7.1	Biaya Modal/ <i>Capital Cost</i>	24
2.7.2	Biaya Operasional/ <i>Operating Cost</i>	24
2.7.3	Biaya Pelayaran/ <i>Voyage Cost</i>	26
2.7.4	Biaya Bongkar Muat/ <i>Cargo Handling Cost</i>	28
2.7.5	Total Biaya Transportasi Laut/ <i>Total Cost</i>	29
2.7.6	Biaya per unit/ <i>Unit Cost</i>	30
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1	Diagram Alir	31
3.2	Tahapan Pengerjaan	32
BAB 4	GAMBARAN UMUM	35
4.1	Analisis Kondisi Terkini	35
4.2	Komoditas Minyak dan Ekspor Minyak Republik Indonesia	37
4.3	Rute Ekspor Minyak Mentah	40
4.4	Data Kapal dan Pendukungnya	42
BAB 5	ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	43
5.1	Analisis Teknis dan Lingkungan <i>Ballast Water Treatment</i>	43
5.2	Analisis Biaya terkait <i>On-board Ballast Water Treatment</i>	48
5.2.1	Biaya Kapital <i>Ballast Water Treatment</i>	48
5.2.2	Angsuran Biaya Kapital <i>Ballast Water Treatment</i>	48
5.2.3	Biaya Operasional <i>Ballast Water Treatment</i>	49
5.2.4	Biaya Perawatan dan Perbaikan.....	50
5.3	Analisis Biaya <i>Mobile Unit Ballast Water Treatment</i>	51
5.3.1	Biaya kapital	51
5.3.2	Angsuran Biaya Kapital.....	52
5.3.3	Biaya Operasional Tetap.....	52
5.3.4	Biaya Operasional Variabel	53

5.3.5	Biaya Total Per tahun dan Tarif per <i>treatment</i>	53
5.4	Analisis Biaya Transportasi	53
5.4.1	Biaya Kapital Kapal.....	53
5.4.2	Biaya <i>Voyage</i> Kapal.....	55
5.4.3	Biaya <i>Cargo Handling</i> Kapal	58
5.4.4	Biaya Operasional Kapal	60
5.4.5	Biaya Total Transportasi.....	60
5.4.6	Biaya per Unit/ <i>Unit Cost</i>	61
BAB 6	KESIMPULAN DAN SARAN	63
6.1	Kesimpulan.....	63
6.2	Saran.....	64
	DAFTAR PUSTAKA	65
	LAMPIRAN.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Timeline Konvensi Manajemen Air balas	2
Tabel 2.1 Standar IMO D2 untuk keluaran air balas	7
Tabel 2.2 Spesifikasi <i>UV Ballast Water Treatment</i>	10
Tabel 2.3 Spesifikasi <i>Direct Flow Electrolysis Ballast Water Treatment</i>	13
Tabel 2.4 Spesifikasi <i>Side-stream Ballast Water Treatment</i>	14
Tabel 2.5 Spesifikasi Mobile Unit Ballast Water Treatment	19
Tabel 2.6 Biaya Kapital <i>Ballast Water Treatment</i>	21
Tabel 2.7 Biaya operasional <i>Ballast Water Treatment</i>	22
Tabel 2.8 Biaya Perawatan dan Perbaikan	23
Tabel 4.1 Timeline Konvensi Ballast Water Management	36
Tabel 4.2 Data Kapal	42
Tabel 4.3 Rute dan Jarak Kapal	42
Tabel 5.1 <i>Flow Rate Ballast Water Treatment</i>	44
Tabel 5.2 Analisis Lingkungan Teknologi BWT	46
Tabel 5.3 Investasi Alat	48
Tabel 5.4 Tenor Pembiayaan Ballast Water Treatment	49
Tabel 5.5 Angsuran untuk investasi <i>ballast water treatment</i>	49
Tabel 5.6 Biaya operasional <i>Ballast Water Treatment per m³</i>	50
Tabel 5.7 Biaya operasional <i>Ballast Water Treatment per tahun</i>	50
Tabel 5.8 Analisis Permintaan fasilitas mobile unit BWT	51
Tabel 5.9 Biaya Kapital <i>Mobile Unit BWT</i>	51
Tabel 5.10 Biaya operasional tetap mobile unit BWT	52
Tabel 5.11 Biaya total dan Tarif per <i>treatment</i> Fasilitas BWT di pelabuhan	53
Tabel 5.12 Biaya kapital kapal	54
Tabel 5.13 Harga bahan bakar	56
Tabel 5.14 Frekuensi Kapal	56
Tabel 5.15 Biaya <i>Voyage</i> Kapal	57
Tabel 5.16 Tarif Bongkar Muat	58
Tabel 5.17 Biaya Bongkar Muat	59

Tabel 5.18 Biaya Operasional Kapal	60
Tabel 5.19 Total Biaya Kapal	61
Tabel 5.20 Biaya per unit (ton)	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses <i>ballasting-deballasting</i>	5
Gambar 2.2 <i>UV Radiation Ballast Water Treatment</i>	9
Gambar 2.3 <i>Direct-Electrolysis Ballast Water Treatment</i>	12
Gambar 2.4 <i>Side-stream Electrolysis Ballast Water Treatment</i>	13
Gambar 2.5 Sistem Manajemen Air Balas di Pelabuhan.....	14
Gambar 2.6 Ballast Water Treatment di <i>Reception Facility</i>	15
Gambar 2.7 Lingkup studi untuk fasilitas land-based	15
Gambar 2.8 Fasilitas <i>Barge-based Ballast Water Treatment</i>	17
Gambar 2.9 <i>Mobile Unit Ballast Water Treatment</i>	18
Gambar 2.10 Operasional <i>mobile unit ballast water treatment</i>	19
Gambar 2.11 Opsi penanganan air balas dengan Mobile Unit	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 4.1 Ekspor Minyak Bumi Republik Indonesia.....	38
Gambar 4.2 Produksi minyak bumi Republik Indonesia	39
Gambar 4.3 Negara tujuan ekspor minyak	40
Gambar 4.4 Rute Cilacap - Port of Hong Kong.....	41
Gambar 4.5 Rute Tanjung Priok - Jurong, Singapura.....	41
Gambar 5.1 Dimensi BWT pada tiap kapal	44
Gambar 5.2 Kebutuhan Daya tiap Alat.....	45
Gambar 5.3 Biaya Kapital Kapal	54
Gambar 5.4 Kenaikan Biaya Kapital	55
Gambar 5.5 Perbedaan frekuensi kapal	57
Gambar 5.6 Biaya pelabuhan	58
Gambar 5.7 Perbedaan muatan terangkut (ton)	59
Gambar 5.8 Rekapitulasi biaya per unit.....	62

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak tahun 2004, *International Maritime Organization* telah mengadopsi konvensi *Ballast Water Management* untuk mencegah penyebaran organisme air berbahaya dari suatu daerah ke daerah lainnya dengan membuat standart dan prosedur yang mengatur pengelolaan air balas serta sedimen di kapal. Saat ini spesies invasive telah ditemukan di 84% dari 232 wilayah laut yang ada di dunia dan pembuangan air balas telah diidentifikasi sebagai vektor utama yang membawa invasi spesies perairan (Delacroix, 2013).

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup terdapat 112 spesies infasif di perairan Indonesia, spesies ini berpotensi merusak ekosistem, rantai makanan, kesehatan serta sektor perikanan. Selain itu, nilai ekonomi maritim Indonesia menurut Dewan Kelautan Indonesia pada tahun 2013 berpotensi mencapai sebesar 171 miliar dollar AS per tahun (World Wild Life, 2015). Salah satu alasan munculnya hal tersebut dikarenakan oleh kegiatan pertukaran air balas di laut tanpa melalui proses penanganan terlebih dahulu. Sehingga pada tahun 2015, pemerintah Indonesia melalui Peraturan Presiden No. 132 Tahun 2015 meratifikasi peraturan dari IMO mengenai manajemen air balas untuk kapal dengan rute internasional yang salah satu tujuannya untuk melindungi lingkungan laut di Indonesia. Hingga Januari 2017 sebanyak 54 negara meratifikasi konvensi ini dan merepresentasikan 53.30% tonase di dunia maka *International Maritime Organization* telah menetapkan pemberlakuan konvensi ini pada tanggal 8 September 2017. Saat ini terdapat 110 kapal berbendera Indonesia yang melakukan pelayaran dengan rute internasional, lebih kecil dari kapal luar negeri yang melakukan pelayaran dan singgah di pelabuhan di Indonesia (Perhubungan, 2015) sehingga kapal yang melakukan pelayaran dengan rute internasional dan membawa air balas dari daerah perairan dengan karakteristik spesies berbeda berpotensi membawa dampak lingkungan laut ketika melakukan pertukaran maupun pengeluaran air balas tanpa penangan tepat. Tahap awal penerapan aturan ini akan dilaksanakan di empat pelabuhan utama Indonesia meliputi Pelabuhan Belawan, Pelabuhan Tanjung Priok, Pelabuhan Tanjung Perak dan Pelabuhan Soekarno-Hatta Makassar.

Selama 12 tahun terakhir, IMO telah mensosialisasikan konvensi ini secara merata di seluruh dunia, waktu yang cukup panjang untuk memberlakukannya dikarenakan oleh kendala seperti penambahan alat untuk *ballast water treatment* merupakan investasi yang cukup mahal.

Sebelum adanya kewajiban untuk mematuhi konvensi ini, pencemaran air laut akibat air balas dapat dilakukan dengan cara *ballast water exchange* yaitu dengan cara membuang air balas sejauh 200 mil laut dari daratan terdekat dan dengan kedalaman laut sedalam 200 meter.

Namun setelah pemberlakuan konvensi, aturan *ballast water exchange* tersebut tidak lagi berlaku dan kapal harus melakukan manajemen air balas baik dengan cara menambah alat di kapal maupun dengan menggunakan fasilitas dari pihak pelabuhan.

Tabel 1.1 *Timeline* Konvensi Manajemen Air Balas

Ballast capacity	Year of ship construction*			
	Before 2009	2009+	2009-2011	2012+
< 1,500 m ³	Ballast water exchange or treatment until 2016 Ballast water treatment only from 2016	Ballast water treatment only		
1,500 – 5,000 m ³	Ballast water exchange or treatment until 2014 Ballast water treatment only from 2014	Ballast water treatment only		
> 5,000 m ³	Ballast water exchange or treatment until 2016 Ballast water treatment only from 2016		Ballast water exchange or treatment until 2016 Ballast water treatment only from 2016	Ballast water treatment only

Table 2: Timetable for installation of ballast water treatment systems

(Sumber: *Ballast Water Treatment Technologies*, Lloyd's Register 2007)

Dalam regulasi B-3.6 konvensi *Ballast Water Management* ini, kapal yang melakukan pertukaran air balas di *reception facility* tidak wajib melengkapi kapal dengan peralatan penanganan air balas. Sebagian besar pelabuhan di Indonesia belum memiliki *reception facility* dikarenakan berbagai hal, terutama karena permasalahan biaya. Sehingga, implementasi kebijakan penanganan air balas ini dapat dilakukan dengan penambahan fasilitas di kapal oleh pemilik kapal dan penyediaan jasa *reception facility* di pelabuhan oleh pemerintah. Kebijakan ini akan berdampak bagi perusahaan pelayaran karena adanya tambahan biaya investasi alat, instalasi dan perawatan yang akhirnya mempengaruhi besaran biaya pelayaran. Saat ini terdapat banyak jenis pilihan fasilitas untuk penanganan air balas, sehingga diperlukan analisis untuk mengambil keputusan pemilihan jenis fasilitas yang sesuai dengan kebutuhan kapal dan tetap memenuhi kriteria IMO untuk melindungi lingkungan laut.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana peraturan pemerintah Republik Indonesia terkait manajemen penanganan air balas di Indonesia?
2. Bagaimana dampak pemilihan penanganan air balas di kapal terhadap biaya angkut?
3. Berapa biaya angkut yang dihasilkan jika menggunakan fasilitas *ballast water treatment* di pelabuhan?
4. Metode *ballast water treatment* apa yang memiliki *unit cost* terendah tiap kapal?

1.3 Tujuan

Tujuan dalam Tugas Akhir yang sesuai dengan permasalahan yang disebutkan pada subbab sebelumnya adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi dan memaparkan peraturan pemerintah Republik Indonesia terkait manajemen penanganan air balas,
2. Mengetahui dampak pemilihan penanganan air balas di kapal terhadap biaya angkut,
3. Mengetahui biaya angkut yang dihasilkan jika menggunakan fasilitas *ballast water treatment* di pelabuhan,
4. Mengetahui metode *ballast water treatment* yang memiliki *unit cost* pada biaya transportasi tiap kapal.

1.4 Batasan Masalah

Adanya keterbatasan waktu pengerjaan dan hal lainnya, sehingga terdapat batasan masalah dalam Tugas Akhir ini, seperti:

1. Penambahan fasilitas penanganan air balas di pelabuhan ditentukan dengan sampel kapal obyek penelitian,
2. Fasilitas di pelabuhan menggunakan *mobile unit ballast water treatment*,
3. Sampel kapal *crude oil tanker* yang ditinjau adalah kapal perusahaan pelayaran tanker Indonesia dengan rute internasional,
4. Dari segi teknis pemasangan *ballast water treatment on-board* yang ditinjau adalah kapasitas pompa air balas di kapal,

5. Perhitungan penambahan fasilitas hanya dilakukan pada kapal yang tersedia saat ini (*retrofitting*).

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah rekomendasi untuk pemerintah dan pihak terkait lainnya dalam melakukan penerapan kebijakan manajemen air balas.

1.6 Hipotesis

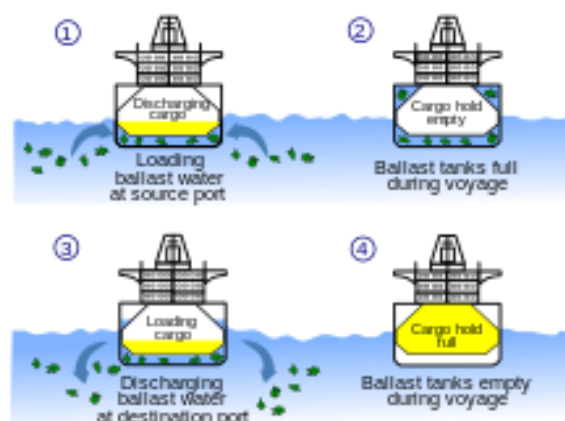
Reception facility di pelabuhan akan memberikan dampak terkecil untuk biaya pelayaran karena kapal tidak perlu berinvestasi alat *ballast water treatment*.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan dasar teori dan informasi untuk bahan analisis pada Tugas Akhir ini, yang berkaitan dengan konvensi manajemen air balas, metode *ballast water treatment*, peraturan terkait dan teori penentuan biaya transportasi laut yang digunakan

2.1 Konvensi Manajemen Air Balas

Air balas merupakan media ideal untuk menjaga keseimbangan dan stabilitas kapal yang tidak membawa muatan (Lacasa, 2013 dalam Werschkun, 2014). Air balas dipompa ke tanki yang telah didesain khusus untuk membawa air balas. Namun, pengeluaran dari air balas diseluruh dunia meningkatkan risiko invasi secara biologi terhadap lingkungan. Mikroorganisme ditransfer melalui air yang telah menunjukkan resistensi terhadap kondisi pelayaran yang memakan waktu lama. Maka dari itu air balas kapal telah diidentifikasi sebagai faktor utama perpindahan organisme tersebut selama lebih dari 90 tahun lalu (Pam, 2013 dalam Werchkun, 2014). Hal tersebut yang menyebabkan perlunya manajemen air balas agar meminimalisir perpindahan mikroorganisme dari perairan yang berbeda. *International Maritime Organization* (IMO) telah menginisiasi konvensi *Ballast Water Managment* sebagai langkah awal untuk melindungi lingkungan laut dari invasi organisme yang membahayakan sejak tahun 2004. Menurut perkiraan IMO, setiap tahunnya kapal di dunia membawa sebanyak 3-5 triliun ton air balas dan sangat berpotensi merusak lingkungan perairan dunia (Stehouwer, 2013 dalam Wercshkun, 2014)



Gambar 2.1 Proses *ballasting-deballasting*

(sumber: Globallast)

Konvensi *Ballast Water Management* ini akan diberlakukan serentak yaitu pada bulan September 2017 yang menyebabkan hampir seluruh jenis kapal harus mematuhi persyaratan dari konvensi ini. Hal ini berlaku untuk seluruh kapal walaupun tempat dimana kapal tersebut terdaftar (*flag of registry*) belum meratifikasi konvensi ini, terlebih bila kapal tersebut akan melakukan pelayaran internasional. Kapal tersebut wajib memiliki sertifikat dan dokumen terkait dengan penetapan sistem yang mampu menangani air balas di kapal dengan dampak lingkungan terkecil, yang sesuai seperti dalam petunjuk pelaksanaan dari konvensi ini bahwa kapal berukuran 400 GT dan lebih harus memenuhi aturan sebagai berikut (Pelorus, 2017). Adapun sertifikat atau dokumen tersebut adalah:

1. *Ballast Water Management Plan* yang disetujui oleh klasifikasi atau bendera
2. Memiliki *Ballast Water Record Book*
3. Disurvei dan diterbitkan sertifikat terkait *International Ballast Water Management*
4. Untuk memasang *Ballast Water Treatment System*

Hal tersebut diperkirakan akan meningkatkan permintaan terhadap alat *ballast water treatment system* secara eksponensial (Jaehoon Jee, 2017). Beberapa Negara yang telah mengadopsi konvensi ini juga mengadopsi menjadi aturan tentang lingkungan di negaranya, seperti Amerika. Amerika Serikat melalui *U.S Coast Guard (USCG)* membuat peraturan mengenai *ballast water* dan telah ditetapkan pada tahun 2012. Peraturan ini mengharuskan kapal memasang alat penanganan air balas yang sesuai standart dan disertifikasi oleh USCG atau secara sementara diperbolehkan menggunakan alat yang disertifikasi oleh entitas atau badan lain agar dapat melakukan pembuangan air balas di perairan Amerika Serikat. Kapal yang tidak memenuhi standart diatas hanya diperbolehkan membuang air balas di fasilitas *ballast water treatment* di fasilitas pembuangan pelabuhan (M. King & T. Hagan, Economics of Barge based Ballast Water Treatment, 2013). Dalam konvensi ini, terdapat dua standar kinerja untuk mengurangi dampak dari *ballast water* yaitu standar kinerja D1 dan D2, standar kinerja D1 adalah melakukan manajemen air balas dengan metode *ballast water exchange* yaitu melakukan pertukaran air balas ditengah laut dan standar kinerja D2 yang merupakan penggunaan sistem alat penanganan air balas (*ballast water treatment*). Penentuan penggunaan kinerja ini terkait dengan batasan tahun pembuatan kapal, karena saat ini konvensi manajemen air balas telah diratifikasi maka pelaksanaan survey oleh kelas kapal saat ini akan dilakukan pada saat *renewal*

survey, sedangkan untuk kapal yang baru dan melakukan aktivitas pelayaran internasional diharuskan memasang sistem alat penanganan air balas atau menggunakan kinerja D2. Pada kinerja D2, air balas yang akan dikeluarkan harus memenuhi syarat seperti pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Standar IMO D2 untuk keluaran air balas

Jenis Organisme	Regulasi
Plankton, > 50 dalam ukuran minimum	< 10 cells /m ²
Plankton, 10-50	< 10 cells /m ²
<i>Toxiogenic Vibrio cholera (O1 & O39)</i>	< 1 cfu /100 ml
<i>Escherichia Coli</i>	< 250 cfu / 100 ml
Intestinal Enterococci	< 100 cfu / 100 ml

(sumber : Lindholm Engineers)

Untuk setiap teknologi penanganan air balas yang ada akan melalui tes sebelum disetujui oleh pihak terkait seperti IMO dan USCG (*United States Coast Guard*) dan dipastikan menghasilkan keluaran air balas yang sesuai dengan standar IMO D2, dengan anggapan bahwa organisme yang sesuai dengan standar tersebut lebih sulit untuk berkembang biak di ekosistem laut dan perairan.

2.2 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia terkait BWM

a. UU No. 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran

Pada pasal 229 ayat 1 menyatakan : “Setiap kapal dilarang melakukan pembuangan limbah, air balas, kotoran, sampah, serta bahan kimia berbahaya dan beracun ke perairan”

b. PP No. 21 Tahun 2010 tentang Perlindungan Lingkungan Maritim

Pada Bab 1 tentang Ketentuan Umum dinyatakan :

Tangki kapal adalah ruangan tertutup yang merupakan bagian dari konstruksi tetap kapal yang dipergunakan untuk menempatkan atau mengangkut cairan dalam bentuk curah termasuk tangki samping (*wing tank*), tangki bahan bakar (*fuel tank*), tangki tengah (*center tank*), tangki air balas (*water ballast tank*), tangki minyak kotor (*sludge tank*), tangki dalam (*deep tank*), tangki bilga (*bilge tank*) dan tangki yang dipergunakan untuk memuat bahan cair beracun secara curah.

Pada Bab 3 mengenai Pencegahan Pencemaran Lingkungan yang Bersumber dari Barang dan Bahan Berbahaya yang ada di Kapal bagian kedua mengenai Manajemen Air Balas di kapal pasal 14 menyatakan :

1. Setiap kapal yang dioperasikan dengan ukuran 400 GT atau lebih wajib memenuhi standar manajemen air balas yang ditetapkan oleh menteri.
2. Standar manajemen air balas sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi tata cara pembuangan air balas dan peralatan pengolahan air balas.
3. Kapal yang telah memenuhi standar manajemen air balas sebagaimana dimaksud pada ayat (1) diberikan sertifikat oleh menteri.
4. Ketentuan lebih lanjut mengenai tata cara pemberian sertifikat pemenuhan standar manajemen air balas diatur dengan Peraturan Menteri.

2.3 Teknologi dan Metode Manajemen Air balas

2.3.1 *Ballast Water*

Air balas merupakan air yang digunakan kapal-kapal sebagai penyeimbang serta berfungsi untuk memberikan stabilitas lebih baik. Air balas dimasukkan ke kapal melalui pompa *intake* yang terletak di lambung kapal dibawah garis air. Dalam kondisi tertentu, dan ketika air balas kapal kurang dari jumlah muatan maksimum, baik saat dalam keadaan transit untuk mengambil muatan atau setelah membongkar muatan sebelum melakukan pelayaran ke pelabuhan selanjutnya, air balas diambil untuk membantu kapal lebih stabil (Deacutis, Ribb, 2002). **Air balas diambil di salah satu pelabuhan ketika kapal tersebut melakukan bongkar muatan dan dikeluarkan saat kapal mengangkut muatan.**

2.3.2 Sistem Manajemen Air balas *On-board*

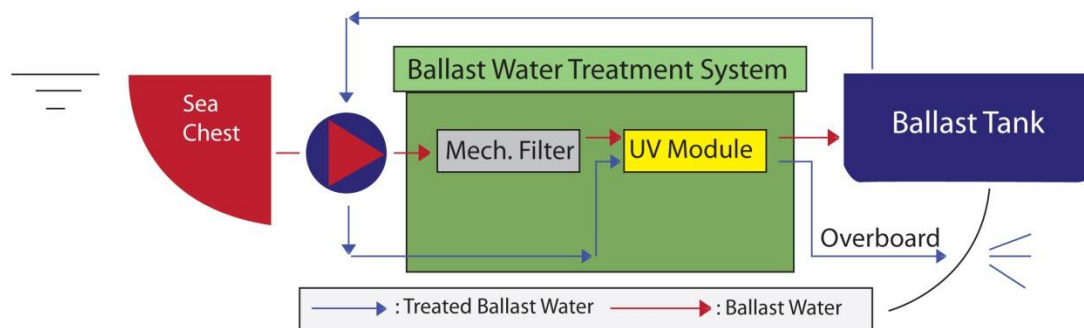
Terdapat 69 merek peralatan manajemen air balas yang didaftarkan ke IMO untuk mendapatkan persetujuan kelayakan alat dan persetujuan kesesuaian alat dengan *guideline* dari IMO (IMO, 2016). Dari 69 merek tersebut, sebagian besar (50%) adalah sistem penanganan dengan menggunakan metode sinar ultra-violet (UV), serta (23%) sistem penanganan menggunakan metode elektrolisis. Sistem yang kedua tersebut dapat dibedakan dengan dua tipe yaitu tipe penanganan elektrolisis *direct flow* dan elektrolisis *side stream*. Ketiga jenis sistem penanganan air balas di kapal itu merupakan tipe yang paling sering digunakan di kapal saat ini

(Jaehoon Jee, 2017). Dalam penentuan peralatan *ballast water treatment* di kapal, faktor yang harus diperhatikan adalah:

1. karakteristik kapal dan profil operasional termasuk jumlah air balas yang dipompa tiap tahunnya,
2. Kapasitas pompa air balas,
3. Lama air balas dalam tanki balas (*holding time*),
4. Karakteristik air balas seperti salinitas dan suhu,
5. Berat alat penanganan air balas, dikarenakan penambahan berat dari pemasangan air balas akan mengurangi jumlah muatan yang dapat diangkut oleh kapal.

Berikut adalah tipe metode penanganan air balas yang akan digunakan pada kapal:

1. UV Radiation Ballast Water Treatment



Gambar 2.2 UV Radiation Ballast Water Treatment

(sumber : Jaehoon Jee, 2017)

Sistem jenis ini, mensterilkan organisme di air balas secara mekanis dimana aliran air balas yang masuk saat proses *ballasting* akan melalui filter dan UV modul. Modul ini dilengkapi lampu yang dapat memancarkan sinar UV sebelum akhirnya masuk ke dalam tanki balas (Jaehoon Jee, 2017). Biaya operasional terbesar peralatan yang menggunakan sistem UV ini adalah penggunaan daya listrik (Werschkun, 2014).

Metode *Ultra-Violet Ballast Water Treatment* merupakan teknologi penanganan air balas dengan menggunakan sinar *ultra-violet* berintensitas tinggi sehingga dapat menjadi faktor disinfektan. Dosis UV yang dihasilkan lampu berbeda-beda mengikuti daya masing-masing lampu UV dan lama pemaparan organisme oleh sinar UV yang dipancarkan oleh lampu tersebut.

Proses kerja sistem ini ditunjukkan pada Gambar 2.2, dimana sistem UV juga menggunakan tambahan sistem filter yang berfungsi untuk mengeliminasi organisme-organisme, partikel, sedimen serta *zooplankton* yang berukuran lebih besar dari ukuran 40 μ agar tidak masuk ke dalam tanki balas. Setelah air laut melalui proses filtrasi maka air laut tadi akan diproses dengan sinar UV dan akan menuju ke tanki balas sebelum akhirnya akan dikeluarkan sesuai kebutuhan stabilitas kapal. Saat kapal melakukan proses *de-ballasting* maka air balas yang ada di tanki balas akan kembali dipompa ke filter untuk proses filtrasi dan memastikan bahwa tidak ada organisme hidup yang akan terbuang di sebuah perairan.

Kelebihan *UV-Ballast Water Treatment*

- UV tidak mengakibatkan korosi seperti yang ditimbulkan oleh senyawa kimia yang beroksidasi,
- Sistem UV tidak membutuhkan *storage* dan penanganan tambahan dari senyawa kimia,
- Efisiensi sistem UV tidak dipengaruhi oleh salinitas air, temperatur dan *holding time* air balas di tanki nya,
- Organisme tidak dapat berkembangbiak setelah terpapar sinar UV,
- Sistem UV tidak membutuhkan fase dilusi atau fase dimana air laut akan melalui proses pengenceran atau melepaskan mikroba dari substratnya sehingga memudahkan penanganannya.

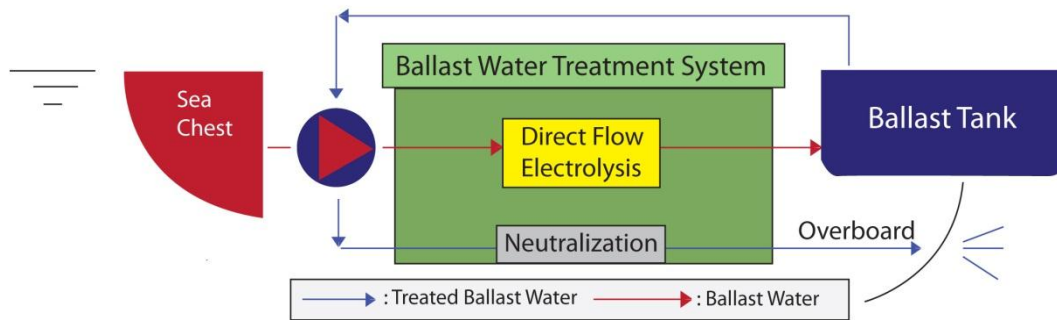
Tabel 2.2 Spesifikasi *UV Ballast Water Treatment*

KAPAL	HYDE GUARDIAN				
	M. T. Kamojang	M. T. Sinar Jogya	M. T. Senipah	M. T. Galunggung	M.T. Gunung Geulis
Flow Rate (m ³ /h)	150	500	700	1500	2000
Power Consumption (kW)	15	50	75	114	150
Size (m ²)	3,4	4	4,5	5,7	6,3
Total Weight (kg)	832	1673	2000	5700	7882
Type Approval	IMO Type Approved USCG Type Approved				

(Sumber : Hyde Guardian UV Catalogue,)

Tabel 2.2 menunjukkan spesifikasi alat *ballast water treatment* dengan menggunakan metode *ultra violet* yang akan digunakan dalam pembahasan penelitian ini.

2. Direct-Flow Electrolysis

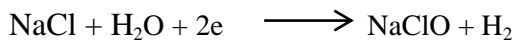


Gambar 2.3 *Direct-Electrolysis Ballast Water Treatment*

(sumber : Jaehoon Jee, 2017)

Sistem elektrolisis menggunakan proses kimiawi, proses tersebut berdasarkan elektrolisis air laut yang mengalir pada sel elektrolitik. Proses ini menghasilkan air laut, sodium hypochlorite, gas hydrogen dan *hypochlorous acid*. Reaksi kimia dari proses elektrolisis ini dapat dituliskan sebagai berikut :

Air + Garam + Energi \longrightarrow Sodium hypochlorite + Hidrogen



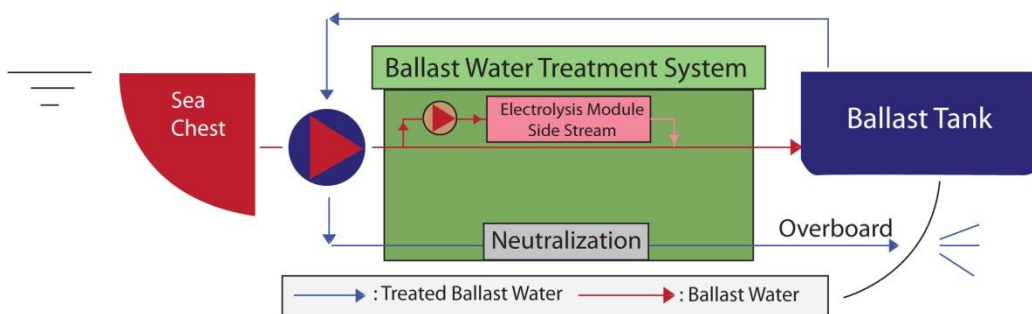
Sistem ini berjalan saat kapal melakukan *ballasting*, dan seluruh air laut tadi melalui generator elektrolisis dan dinetralsir dari sisa disinfektan menggunakan Sodium Bisulfit (NaHSO_3) sebelum melakukan de-ballast. Dosis yang dibutuhkan dari sodium hipoklorit yang dihasilkan sistem elektrolisis tadi adalah sebesar 10 ppm sedangkan menurut standar IMO dosis senyawa kimia tadi yang diperbolehkan untuk dibuang ke laut adalah sebesar 0,2 ppm sehingga dibutuhkan senyawa yang dapat mengurangi konsentrasi disinfektan tersebut (Wartsila Aquarius EC, 2016).

Tabel 2.3 Spesifikasi *Direct Flow Electrolysis Ballast Water Treatment*

Samsung Purimar					
KAPAL	M. T. Senipah	Sinar Jogya	M. T. Kamojang	Gunung Geulis	M. T. Galunggung
Flow Rate (m3/h)	700	500	150	2000	1500
Power Consumption (kW)	34	26	26	82	64
Total Footprint (m2)	7,5	6	6	14	12,3
Pressure Drop (bar)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Type Approval	IMO Type Approved USCG AMS Approved				

(Sumber: Samsung Purimar Catalogue)

3. Side-Stream Electrolysis



Gambar 2.4 *Side-stream Electrolysis Ballast Water Treatment*

(sumber : Jaehoon Jee, 2017)

Perbedaan antara *direct-flow electrolysis* dengan *side-stream electrolysis* adalah sistem ini mengambil sedikit air balas tadi lalu di olah menjadi disinfektan untuk memproses air balas di tanki dan dinetralisir sebelum melakukan *de-ballast*, selain itu sistem yang berlangsung di

metode *side-stream electrolysis* ini sama dengan sistem sebelumnya yaitu *direct flow electrolysis*.

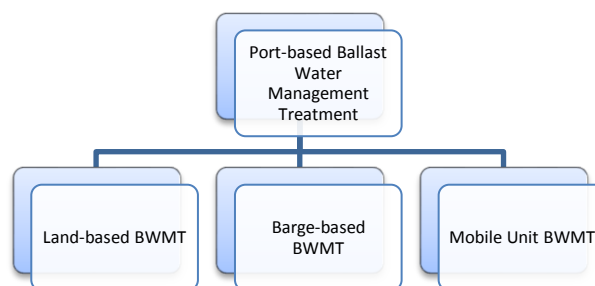
Tabel 2.4 Spesifikasi *Side-stream Ballast Water Treatment*

WARTSILA					
Flow Rate (m3/h)	700	500	150	2000	1500
Power Consumption (kW)	61	44	26	168	123
Total Footprint (m2)	12,4	11	10,3	15,9	15,3
Pressure Drop (bar)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Total Weight (kg)	4420	3780	3275	8655	8415
Type Approval	IMO Type Approved USCG AMS				

(Sumber: Wartsila EC Catalogue)

2.3.3 Sistem Manajemen Air balas di Pelabuhan

Selain sistem manajemen air balas di dalam kapal, dalam regulasi B-36 kapal diperbolehkan pembuangan air balas tanpa memiliki sistem *on-board* jika kapal tersebut melakukan proses *de-ballasting* di pelabuhan yang memiliki fasilitas tersebut. Asumsi lainnya adalah pengguna fasilitas *port-based ballast water management* adalah kapal-kapal yang tidak memenuhi standart *ballast-water treatment system* dan akan melakukan *de-ballast* untuk memuat barang. Fasilitas manajemen air balas di pelabuhan berbagai macam, seperti pada Gambar 2.5 ini:



Gambar 2.5 Sistem Manajemen Air Balas di Pelabuhan

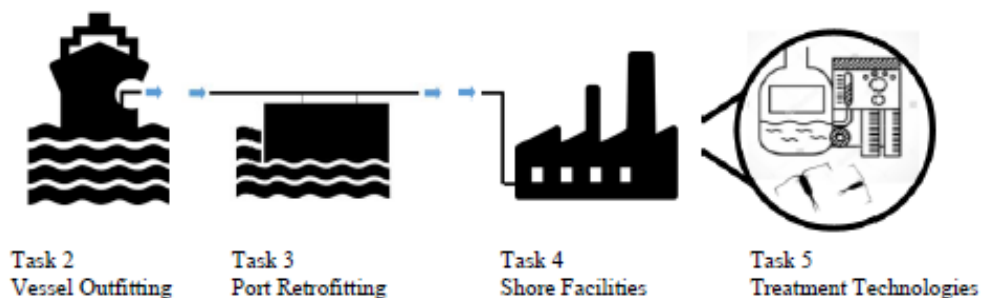
1. Land-based Ballast Water Treatment

Fasilitas *land-based* adalah fasilitas yang terdapat di darat dan berada di wilayah tertentu seperti dalam lingkungan *Reception Facility*. Fasilitas ini tentu memerlukan lokasi yang luas.



Gambar 2.6 Ballast Water Treatment di *Reception Facility*
(Sumber : www.ballastwatermanagement.co.uk)

Fasilitas ini memerlukan studi yang komprehensif dengan beberapa tahap terkait seperti studi *outfitting* kapal yang akan menggunakan fasilitas ini yang membutuhkan modifikasi tertentu. Selain itu, perlu adanya studi dari sisi pelabuhan dan dermaga agar tidak mengganggu operasional dermaga dan kapal yang tambat. Penambahan fasilitas ini akan berpengaruh pada operasional di dermaga karena terdapat instalasi pipa baru yang akan menyambungkan kapal dengan *Reception Facility*. Studi lainnya adalah penentuan kapasitas penyimpanan yang ada di *Reception Facility* baik untuk air yang belum melalui proses dan sesudah *treatment*, dan yang terakhir adalah pemilihan metode penanganan di *land-based ballast water treatment* yang akan digunakan untuk memenuhi syarat D-2 Konvensi *Ballast Water Management* – IMO (Shore-Based BWT and Storage, 2016).



Gambar 2.7 Lingkup studi untuk fasilitas land-based
(sumber: *Shore-based Ballast Water Treatment in California Report*, 2016)

2. *Barge-based Ballast Water Management*

Barge-based Ballast Water Treatment merupakan fasilitas untuk menangani air balas pada kapal dengan menggunakan kapal tongkang. Kapal tongkang diberi fasilitas tambahan yaitu alat *ballast water treatment* dan dilengkapi dengan selang penyambung ke pipa balas. Dalam menentukan fasilitas ini terdapat batasan secara logistik yang perlu diperhitungkan adalah jarak antar terminal disebuah pelabuhan agar teknis melakukan proses manajemen air balas dapat dilakukan secara baik (Dennis M. King, Patrick T. Hagan, 2013).

Selain itu hal yang perlu diperhatikan dari berbagai struktur biaya yang terkait dalam penentuan fasilitas *barge-based ballast water treatment*, dibutuhkan analisis seperti:

1. Biaya konstruksi
2. Biaya operasional
3. Biaya outfitting kapal untuk menambahkan fasilitas agar dapat melakukan proses *de-ballasting* di fasilitas port-based
4. Tarif yang akan dibebankan pada pemilik kapal agar fasilitas *barge-based ballast water treatment(bbbwmt) break-even*
5. Meneliti tarif yang dapat diterima oleh pemilik kapal (*willingness to pay*)
6. Potensial waktu yang akan hilang ketika kapal melakukan proses *de-ballasting* di *barge-based bwmt*

Karena keadaan di pelabuhan saat ini biasanya memiliki jumlah terminal yang banyak serta jaraknya yang jauh maka dalam jurnal (M. King & T. Hagan, Economic and Logistical Feasibility of Port based Ballast Water Treatment. A case study at the Port of Baltimore, 2013), dua opsi diberikan dalam tinjauan penelitian nya yaitu meletakkan *Barge-based Ballast Water Management Treatment* (BBWMT) pada titik tertentu sehingga kapal yang akan melakukan *de-ballasting* mendatangi BBWMT tersebut atau opsi lainnya adalah menggunakan BBWMT yang memiliki mobilitas tinggi dan dapat mendatangi kapal yang akan melakukan di de-ballast di terminal tertentu.



Gambar 2.8 Fasilitas *Barge-based Ballast Water Treatment*
(Sumber : www.damen.com)

Permasalahan dengan *Barge-based Ballast Water Management Treatment*

- Belum terdapat *couplings* (instalasi tambahan untuk menyambung ke barge) yang universal, sehingga setiap pemilik kapal diharuskan investasi pemasangan alat tersebut. Analisis dari jurnal ini mengindikasikan bahwa pemasangan coupling bisa semahal pemasangan *on-board ballast water treatment*.
- Aspek terkait teknis BBBWT yang menyebabkan beberapa halangan seperti *bottle-neck*, kerusakan alat akan meningkatkan pelanggaran terhadap aturan ballast water management treatment (ketika kapal tidak memiliki opsi lain untuk mentreatment air balasnya tetapi harus memuat barang)
- Risiko lainnya yang harus dikaji lagi adalah risiko terkait potensi waktu yang hilang serta bongkar/muat yang tertunda dengan menggunakan fasilitas BBBWT
- Ketika ada lebih dari satu kapal dalam satu waktu yang akan melakukan treatment ballast water sedangkan jika investasi BBBWT lebih dari satu maka akan menimbulkan biaya tinggi karena dilain waktu BBBWT akan dalam posisi idle atau tidak melakukan operasional.

3. Mobile Unit Ballast Water Treatment

Fasilitas penanganan air balas di pelabuhan juga dapat dilakukan dengan *mobile unit ballast water treatment*, sistem metode penanganannya pun sama seperti pada *barge-based ballast water treatment* yang membedakan adalah container yang membawa alat penanganan air

balas diletakkan pada *flat-bed trailer* dan dioperasikan menggunakan trailer truk. Hal ini memudahkan untuk operasional fasilitas ini dikarenakan *mobile unit* ini dapat melayani pelabuhan dengan jumlah terminal lebih dari satu melalui jalur darat. Namun hingga saat ini, industri baru bisa memproduksi alat ini dengan kapasitas maksimal sebesar 300 m³ per jam.



Gambar 2.9 *Mobile Unit Ballast Water Treatment*
(Sumber : www.damen.com)

Fasilitas ini dapat melakukan dua opsi *treatment* yaitu yang pertama jika kapal yang sandar di dermaga tidak memiliki sistem *on-board* dan akan melakukan *de-ballast* , opsi kedua adalah ketika kapal yang sandar akan melakukan *ballasting* dengan metode air laut yang sudah ditangani melalui fasilitas ini sehingga kapal ini dapat melakukan *de-ballast* di pelabuhan manapun tanpa perlu melakukan *treatment* ulang (baik melalui sistem *on-board* maupun land-based di pelabuhan lainnya). Alur operasional dari metode di pelabuhan ini yaitu dengan cara menyambungkan selang *mobile unit* yang terhubung dengan alat treatment ke sambungan pipa air ballas di kapal. Lalu setelah kedua tadi telah terhubung maka air balas dari kapal akan masuk dan dilakukan penanganan dengan metode filter dan UV dan kembali dibuang ke laut dengan selang lainnya yang ada pada alat ini. Jika kapal ingin melakukan *ballasting* air yang sudah ditreatment, maka air laut diambil dengan pompa yang ada pada sistem ini lalu masuk ke dalam unit penanganan dan baru didistribusikan ke tanki ballast kapal melalui sambungan pipa yang sama.



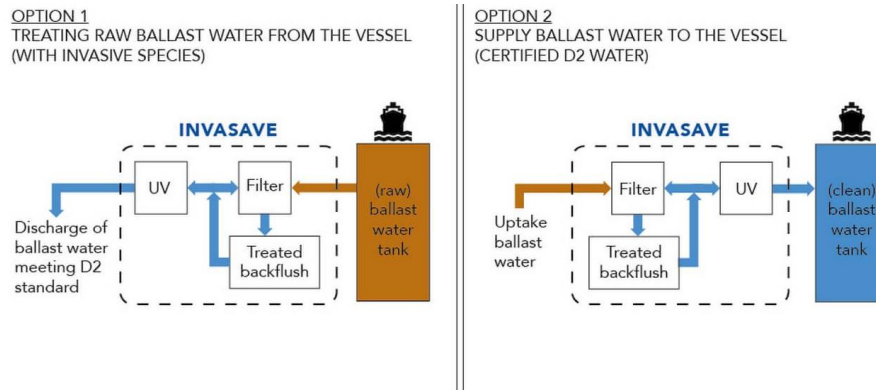
Gambar 2.10 Operasional *mobile unit ballast water treatment*
(sumber : www.damen.com)

Spesifikasi fasilitas ini adalah sebagai berikut :

Tabel 2.5 Spesifikasi Mobile Unit Ballast Water Treatment

Kapasitas	300	m ³ /h
L x W x H	45' x 8' x 9,6'	inch
power consumption	70 – 140	KWh

Kapasitas yang dimiliki oleh *mobile unit ballast water treatment* cenderung lebih kecil jika dibandingkan dengan kapasitas pompa *ballast* dari kapal yang berada pada *range* 500-2000 m³ per jam nya. Sehingga hal ini dapat menyebabkan kapal menambah waktu tambat di pelabuhan saat menggunakan fasilitas *mobile unit ballast water treatment*. Penambahan waktu tambat ini dapat terjadi ketika kapal telah selesai melakukan kegiatan bongkar muat namun kapal masih melakukan penanganan air balas di pelabuhan.



Gambar 2.11 Opsi penanganan air balas dengan Mobile Unit
 (sumber : www.damen.com)

Pilihan metode penanganan yang dimiliki fasilitas ini dapat mengurangi permasalahan yang mungkin timbul ketika kapal tidak melakukan instalasi *ballast water treatment* dan memilih untuk menggunakan fasilitas di pelabuhan. Karena fasilitas ini memberi pilihan yang fleksibel jika kapal tidak melakukan instalasi *ballast water treatment* dan akan melakukan perjalanan ke pelabuhan internasional dimana konvensi ini diberlakukan maka kapal dapat membawa air ballas yang sudah diproses melalui fasilitas ini, sehingga kapal tadi dapat melakukan *de-ballasting* di pelabuhan tujuan. Sedangkan, setelah kapal melakukan perjalanan dengan rute internasional dan akan melakukan aktivitas di pelabuhan Indonesia, kapal tersebut dapat melakukan *de-ballasting* dengan menggunakan fasilitas *mobile unit ballast water treatment* yang disediakan oleh pihak pelabuhan.

2.4 Investasi Alat On-board Ballast Water Treatment

Pada tahun 2012, *US Coast Guard* melansir perkiraan biaya-biaya terkait dengan *ballast water management systems* salah satunya adalah biaya kapital ataupun biaya pengadaannya. Untuk menyediakan *ballast water treatment* diperlukan rencana yang tepat meliputi *3D scanning*, penggambaran agar dapat disetujui oleh klas dan gambar pre-fabrikasi untuk galangan kapal dimana kapal akan melakukan *retrofitting* adalah sebesar \$50.000-\$200.000. Selain biaya perencanaan, biaya capital juga termasuk harga dari alat *ballast water treatment* tersebut mengikuti tipe penanganannya. Bagi kapal yang melakukan *retrofitting* alat penanganan air balas ini terdapat kemungkinan kapal tersebut harus memodifikasi serangkaian sistem yang telah ada di bagian kapal seperti kamar mesin dan perpipaan (M. King & T. Hagan, Preliminary Cost

Analysis of Ballast Water Treatment System, 2009). Tabel 2.6 berikut menjelaskan detail komponen biaya kapital terkait *ballast water treatment*

Tabel 2.6 Biaya Kapital *Ballast Water Treatment*

Biaya Kapital <i>Ballast Water Treatment</i>	
Biaya perencanaan	<i>3D scanning/Drawing, regulatory fee (document)</i>
Biaya pembelian alat	Harga alat BWT
Biaya instalasi	Jasa pemasangan oleh industri penyedia BWT
Biaya Kapital <i>Ballast Water Treatment</i>	
Biaya lainnya	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Installation/purchasing support</i> - <i>Piping installation</i> - <i>Electrical installation</i> - <i>Steel fabrication</i> - <i>Painting cost</i> - <i>QA/QC cost</i> - <i>Supervisor cost</i>

(Sumber : MERC Preliminary Cost Analysis of BWTS, 2009 dan Harris PYE Engineering, diolah kembali)

Sehingga dapat diketahui untuk memperhitungkan biaya kapital dari investasi alat ini adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{CC\ BWT = BP + BPA + BI + BL} \qquad 2.1$$

Keterangan :

CC BWT = Biaya Kapital *Ballast Water*

BP = Biaya Perencanaan

BPA = Biaya Pembelian Alat

BI = Biaya Instalasi

BL = Biaya Lainnya

Setelah menghitung total biaya yang harus dikeluarkan dalam pengadaan sebuah alat *ballast water treatment* maka dengan asumsi pembiayaan investasi alat ini dengan meminjam uang ke institusi keuangan sebesar 80% maka dapat diketahui angsuran yang dibebankan pada pihak pemilik kapal yang telah berinvestasi alat ini.

$$A = iM \times \frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad 2.2$$

Keterangan :

A = Besar anuitas

M = Besar pinjaman

i = Suku bunga

n = Banyaknya anuitas

2.5 Biaya Operasional *Ballast Water Treatment*

Biaya operasional adalah biaya yang dibutuhkan oleh alat *ballast water treatment* untuk melakukan penanganan air balas tersebut. Setiap alat dengan metode yang berbeda maka akan membutuhkan kebutuhan dan biaya yang berbeda.

Tabel 2.7 Biaya operasional *Ballast Water Treatment*

Biaya Operasional <i>Ballast Water Treatment</i>		
<i>Ultraviolet-Filtration</i>	Biaya bahan bakar (penambahan daya)	- Fuel Cost \$0,34/KWh
<i>Side-stream Electrolysis</i> & <i>Direct Flow Electrolysis</i>	Biaya bahan bakar Senyawa penetralisir (Sodium Bisulfit/NaHSO ₃)	- Fuel Cost \$0,34/KWh - Sodium bisulfat \$0,02/m ³

(Sumber : Hyde Marine Catalogue, Wartsila Catalogue, Samsung Purimar Catalogue; diolah kembali)

2.6 Biaya Perawatan dan Perbaikan

Agar alat *ballast water treatment* dapat beroperasi sesuai dengan standar kelas IMO atau USCG, maka diperlukan perawatan dan perbaikan secara berkala, untuk penentuan biaya perbaikan dan perawatan *ballast water treatment* berbeda-beda sesuai dengan metode penanganan alat tersebut. Penggantian komponen biasanya disesuaikan dengan *lifetime* komponen tersebut dan juga perawatan berkala untuk menjaga dan mencegah kerusakan yang berakibat fatal seperti pengeluaran air balas yang tidak sesuai dengan standar D2 IMO.

Tabel 2.8 Biaya Perawatan dan Perbaikan

UV		
Time scale		Item
1	Tahunan	Wiper/Quartz Seal Service Air filters UV Sensor calibration
3	Tahunan	UV lamp change
5	Tahunan	Quartz Sleeve change
Side-stream dan Direct Flow Electrolysis		
Time scale		Item
3	tahunan	Pump and blower maintenance
5	Tahunan	electrode change
3	Tahunan	tank coating (mengurangi korosi)
Filter		
Time scale		Item
1	tahunan	annual inspection
3	tahunan	seals and nozzle change
5	tahunan	main screen and drive replacement

Dengan merata-ratakan biaya perawatan dan perbaikan maka dapat diketahui biaya untuk perawatan dan perbaikan UV lebih sedikit daripada biaya perawatan untuk sistem elektrolis, baik *direct flow* maupun *side-stream*.

2.7 Biaya Transportasi Laut

Biaya Transportasi Laut ini yang menjadi komponen biaya total. Dalam pelayaran, komponen biaya ini digunakan untuk menghitung besarnya biaya-biaya yang timbul akibat pengoperasian kapal (Wijnolst & Wergeland, 1997). Pada pelayaran tidak terdapat *standart cost classification* yang digunakan secara internasional, sehingga digunakan pendekatan untuk

mengklasifikasikannya. Secara umum klasifikasi biaya-biaya tersebut meliputi biaya modal,, biaya operasional, biaya pelayaran, dan biaya bongkar muat. Biaya-biaya ini perlu diklasifikasikan dan dihitung agar dapat memperkirakan tingkat kebutuhan pembiayaan kapal untuk kurun waktu tertentu (umur ekonomis kapal tersebut).

2.7.1 Biaya Modal/*Capital Cost*

Capital cost adalah harga kapal pada saat dibeli atau dibangun. Biaya modal disertakan dalam kalkulasi biaya untuk menutup pembayaran bunga pinjaman dan pemngembalian modal tergantung bagaimana pengadaan kapal tersebut. Pengembalian nilai capital ini direfleksikan sebagai pembayaran tahunan, dengan kata lain *Capital Cost* merupakan semua biaya yang mencakup depresiasi kapal sesuai umur ekonomisnya, besarnya angsuran kapal, dan besar bunga pinjaman untuk pengadaan kapal.

2.7.2 Biaya Operasional/*Operating Cost*

Operating cost adalah biaya-biaya tetap yang dikeluarkan untuk aspek-aspek operasional sehari-hari untuk membuat kapal selalu dalam keadaan siap berlayar. *Operating cost* terdiri dari biaya perawatan dan perbaikan, gaji ABK, biaya perbekalan, minyak pelumas, asuransi dan administrasi.

$$OC = M + ST + MN + I + AD \quad 2.3$$

Keterangan:

OC = *Operating Cost*

M = *Manning*

ST = *Stores*

MN = *Maintenance & repair*

I = *Insurance*

AD = *Administration*

Adapun penjelasan dari masing-masing komponen dari *operating cost* adalah sebagai berikut:

1. Manning Cost

Manning cost adalah biaya yang dikeluarkan untuk gaji termasuk didalamnya adalah gaji pokok, tunjangan, asuransi sosial, dan uang pensiun kepada anak buah kapal atau biasa disebut *crew cost*. Besarnya *crew cost* ditentukan oleh jumlah dan struktur pembagian kerja, dalam hal ini tergantung pada ukuran-ukuran teknis kapal. Struktur kerja pada sebuah kapal umumnya dibagi menjadi departemen, yaitu *deck department*, *engine department*, dan *catering department*.

2. Stores and Consumable Cost

Perlengkapan umum yang termasuk keperluan crew kapal dan berbagai peralatan yang dibutuhkan di kapal serta minyak pelumas yang merupakan salah satu biaya besar dikarenakan kapal modern memiliki mesin disel dan membutuhkan beberapa ratus liter minyak pelumas per harinya saat melakukan trip (Martin Stopford; 2014)

3. Maintenance and Repair Cost

Merupakan biaya perawatan dan perbaikan mencakup semua kebutuhan untuk mempertahankan kondisi kapal sesuai dengan standar kebijakan perusahaan maupun persyaratan badan klasifikasi, biaya ini dibagi menjadi 3 kategori yaitu:

- Survey klasifikasi

Kapal harus menjalani survei *regular dry docking* tiap dua tahun dan special survey setiap lima tahun untuk mempertahankan kelas untuk tujuan asuransi dan keselamatan kapal tersebut.

- Perawatan rutin

Meliputi perawatan mesin induk dan mesin bantu, cat, bangunan atas, dan pengedokan untuk memelihara lambung dari *marine organism growth* yang mengurangi efisiensi operasi kapal. Biaya perawatan semakin bertambah seiring dengan umur kapal.

- Perbaikan

Apabila ada kerusakan tertentu pada bagian kapal yang harus segera diperbaiki.

Biaya perawatan dan perbaikan diasumsikan 16% dari total harga kapal per tahunnya (Stopford, 2014).

4. Insurance Cost

Merupakan biaya asuransi yaitu komponen pembiayaan yang dikeluarkan sehubungan dengan risiko pelayaran yang dilimpahkan kepada perusahaan asuransi. Komponen pembiayaan ini berbentuk pembayaran premi asuransi kapal yang besarnya tergantung kepada pertanggungan dan umur kapal. Hal ini menyangkut sampai sejauh mana risiko yang dibebankan melalui klaim pada perusahaan asuransi. Semakin tinggi risiko yang dibebankan, maka semakin tinggi premi asuransi. Umur kapal juga mempengaruhi rate premi asuransi. *Rate* yang lebih tinggi akan dikenakan pada kapal yang lebih tua umurnya. Ada tiga jenis asuransi yang dipakai perusahaan pelayaran terhadap kapalnya, yaitu:

- *Hull and Machinery Insurance*

Perlindungan terhadap badan kapal dan permesinannya atas kerusakan dan kehilangan.

- *Protection and Indemnity Insurance*

Asuransi terhadap kewajiban kepada pihak ketiga seperti kecelakaan atau meninggalnya awak kapal, penumpang, kerusakan dermaga karena benturan, kehilangan dan kerusakan muatan.

- *Ship Wreck's Removal*

Pada tanggal 8 Desember 2014, pemerintah Indonesia mewajibkan kapal berukuran > 35GT untuk memiliki asuransi pengangkutan kerangka kapal.

5. Administrasi

Biaya administrasi diantaranya adalah biaya pengurusan surat-surat kapal, biaya sertifikat dan pengurusannya, biaya pengurusan ijin kepelabuhanan maupun fungsi administratif lainnya. Besarnya biaya ini tergantung kepada besar kecilnya perusahaan dan jumlah armada yang dimiliki.

2.7.3 Biaya Pelayaran/Voyage Cost

Voyage cost merupakan biaya yang dibutuhkan saat kapal tersebut dalam keadaan berlayar. Seperti biaya bahan bakar dan biaya pelabuhan yang akan disinggahi (Jasa labuh, tambat, pemandu, tunda, dan dermaga).

Voyage cost dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$VC = FC + PC$$

2.4

Keterangan:

VC = *Voyage Cost*

FC = *Fuel Cost*

PC = *Port Cost* atau ongkos pelabuhan

a. *Fuel Cost*

Konsumsi bahan bakar dipengaruhi oleh variabel kapal seperti kecepatan kapal saat sedang membawa muatan ataupun saat kapal dalam keadaan ballast, bentuk lambung kapal, kapasitas mesin utama dan mesin pembantu dan juga kualitas bahan bakar yang dipilih ataupun ditentukan oleh mesin kapal tersebut. Kapal memerlukan bahan bakar baik saat berlayar di laut maupun saat di pelabuhan. Terdapat tiga jenis bahan bakar yang dipakai, yaitu HSD, MDO, dan MFO. Menurut Parson (2003), konsumsi bahan bakar dihitung dengan menggunakan rumus pendekatan, yaitu:

$$WFO = SFR \times MCR \times \frac{Range}{Speed} \times Margin \quad 2.5$$

Keterangan:

WFO : konsumsi bahan bakar/jam (Ton)

SFR : *Specific Fuel Rate* (t/kW hr)

MCR : *Maximum Continuous Rating of Main Engine* (kW)

b. *Port Cost*

Pada saat kapal berada dipelabuhan biaya-biaya yang dikeluarkan meliputi *port dues* dan *services charges*. *Port dues* adalah biaya yang dikenakan atas penggunaan fasilitas pelabuhan berupa fasilitas dermaga, tambatan, kolam labuh, dan infrastruktur lainnya yang besarannya tergatung *volume cargo*, berat *cargo*, *gross tonnage* dan *net tonnage*. *Services charge* meliputi jasa yang dipakai kapal selama dipelabuhan termasuk pandu dan tunda.

- Jasa labuh

Jasa labuh dikenakan terhadap kapal yang menggunakan perairan pelabuhan.

- Jasa tambat

Jasa tambat dikenakan pada setiap kapal yang menambatkan kapal nya di dermaga untuk melakukan proses

- Jasa pemaduan Setiap kapal wajib melakukan pandu pada area berlayar dalam perairan pelabuhan dari mulai masuk, keluar atau pindah tambatan. Sesuai dengan tugasnya, jasa pemaduan ada dua jenis, yaitu pandu laut dan pandu bandar. Pandu laut yaitu pemanduan diperairan antara batas luar perairan hingga batas pandu bandar. Sedangkan pandu bandar adalah pandu yang bertugas memandu kapal dari batas perairan bandar hingga kapal masuk di kolam pelabuhan dan sandar di dermaga.

2.7.4 Biaya Bongkar Muat/*Cargo Handling Cost*

Cargo Handling Cost merupakan biaya yang dibutuhkan atau dikeluarkan pada saat proses bongkar muat, sesuai dengan kebijakan sebuah pelabuhan. Adapun kegiatan yang dilakukan dalam kegiatan bongkar muat pada umumnya berupa *stevedoring*, *cargodoring*, *receiving/delivery*. Kegiatan tersebut dilaksanakan oleh perusahaan bongkar muat (PBM) sesuai dengan Keputusan Menteri Perhubungan Nomor: KM 14 Tahun 2002 Tentang Penyelenggaraan dan Pengusahaan Bongkar Muat barang dari dan ke kapal, adapun istilah dalam kegiatan bongkar muat dijelaskan sebagai berikut:

1. *Stevedoring* adalah pekerjaan membongkar barang dari kapal ke dermaga/truk/tongkang atau sebaliknya sampai dengan tersusun dalam palka kapal dengan menggunakan derek kpal atau derek darat.

2. *Cargodoring* adalah pekerjaan melepaskan barang dari tali/jala-jala di dermaga dan mengangkut dari dermaga ke gudang/lapangan penumpukan barang selanjutnya menyusun di gudang/lapangan penumpukan dan sebaliknya
3. *Receiving/delivery* adalah pekerjaan memindahkan bang dari timbuanan/tempat penumpukan di gudang/lapangan penumpukan dan menyerahkan sampai tersusun diatas kendaraan di pintu gudang/lapangan atau sebaliknya.
4. Perusahaan Bongkar Muat adalah badan hukum Indonesia yang khusus didirikan untuk menyelenggarakan dan mengusahakan kegiatan bongkar muat barang dari dan ke kapal.
5. Tenaga Kerja Bongkar Muat adalah semua tenaga kerja yang terdaftar pada pelabuhan setempat yang melakukan pekerjaan bongkar muat di pelabuhan.

Untuk mendapatkan berapa biaya bongkar muat pada tiap kapal maka perhitungannya sebagai berikut :

$$CHC = TBM \times P \times F \quad 2.6$$

Keterangan:

CHC: *Cargo Handling Cost*

TBM: Tarif Bongkar-Muat

P: Payload kapal

F: Frekuensi kapal

2.7.5 Total Biaya Transportasi Laut/*Total Cost*

Total cost untuk biaya transportasi laut adalah penjumlahan dari seluruh komponen biaya, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$TC = CC + OC + VC + CHC \quad 2.7$$

Keterangan:

TC : *Total Cost*

OC : *Operational Cost*

VC : *Voyage Cost*

CHC : *Cargo Handling Cost*

2.7.6 Biaya per unit/*Unit Cost*

Biaya per unit adalah biaya yang dikeluarkan oleh sebuah perusahaan dalam memproduksi sebuah barang atau jasa nya. Biaya ini termasuk semua biaya yang dikeluarkan, dalam penelitian ini adalah biaya-biaya terkait pengiriman minyak mentah ke berbagai negara di Asia seperti Singapura dan Hong Kong. Untuk mendapatkan biaya per unit, peneliti menjumlahkan semua total biaya pengiriman dan dibagi dengan satuan kuantitas minyak mentah yang dikirim. Berikut rumus perhitungan biaya per unit:

$$UC = TC \div Q \quad 2.8$$

Keterangan:

TC : *Total Cost*

Q : muatan per tahun yang dapat diangkut

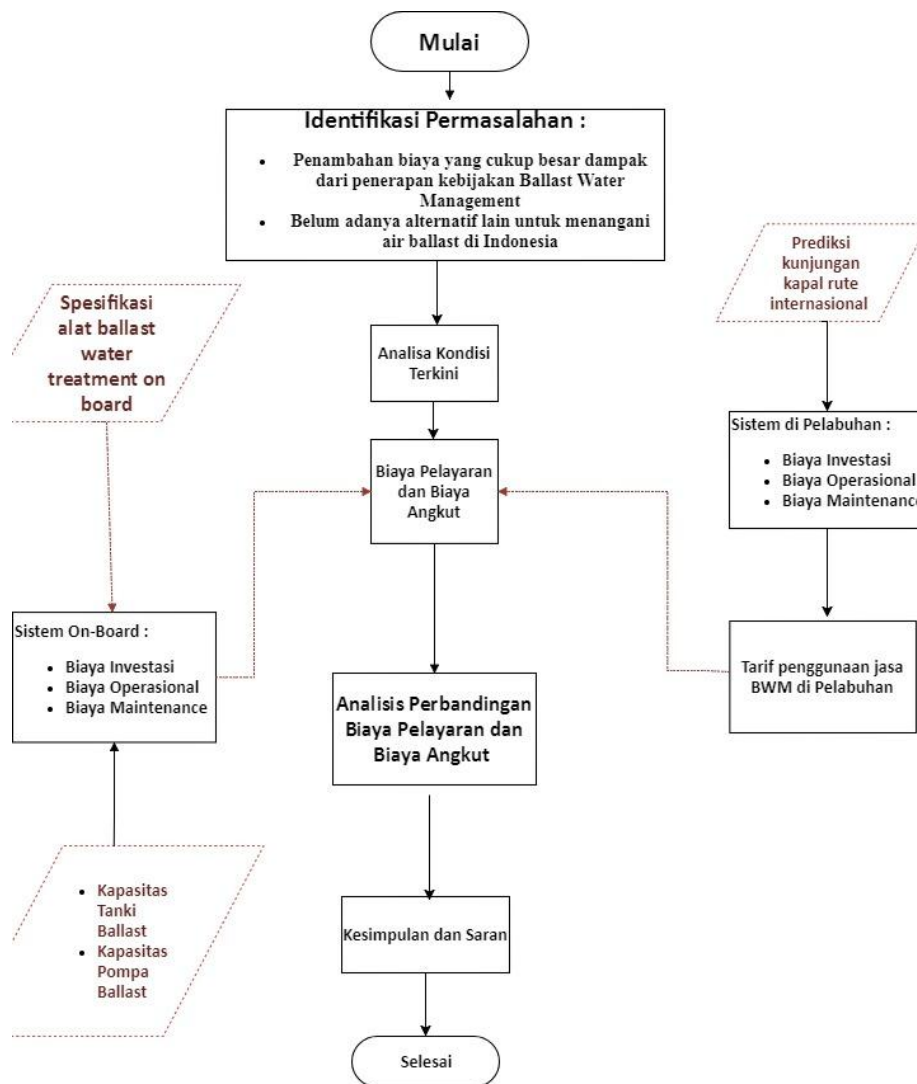
Bahasan dalam tujuan pustaka akan digunakan sebagai dasar analisis Tugas Akhir ini.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab metodologi penelitian menjelaskan tentang langkah pengerjaan Tugas Akhir ini.

3.1 Diagram Alir

Dalam tahap pengerjaan penelitian ini dibutuhkan metodologi penelitian untuk memberi gambaran alur dan proses pengerjaan. Secara umum, metodologi dalam penelitian ini dapat digambarkan dalam diagram alir berikut ini:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Tahapan Pengerjaan

Metodologi penelitian adalah langkah-langkah dalam mengerjakan penelitian, salah satunya pada pengerjaan Tugas Akhir ini. Selanjutnya akan dijelaskan alur pengerjaan sesuai dengan diagram alir pengerjaan pada Gambar 3.1. Secara umum tahapan-tahapan pengerjaan tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa bagian antara lain:

a. Tahapan Identifikasi Masalah

Pada tahapan ini penulis melakukan identifikasi potensi permasalahan dari kebijakan dari IMO yang baru diratifikasi oleh pemerintah Republik Indonesia melalui Peraturan Presiden no. 132 tahun 2015 mengenai konvensi *ballast water management*. Potensi permasalahan yang terjadi pada sektor industri pelayaran adalah penambahan biaya yang akan muncul dikarenakan pihak industri pelayaran dengan rute internasional diwajibkan memasang alat penanganan air balas, selain itu pelabuhan di Indonesia belum ada yang memiliki fasilitas untuk menangani *ballast water*.

b. Tahapan Studi Pustaka

Pada tahap ini dilakukan studi literatur yang terkait dengan obyek penelitian, materi-materi yang dijadikan sebagai tinjauan pustaka adalah buku dan jurnal yang membahas mengenai *ballast water treatment* serta analisis biaya transportasi sebagai *tools* dalam pengerjaan tugas akhir. Studi literatur juga dilakukan terhadap hasil penelitian sebelumnya untuk lebih memahami permasalahan dan pengembangan yang dapat dilakukan.

c. Tahapan Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data, metode pengumpulan data yang digunakan adalah metode pengumpulan data secara tidak langsung (sekunder) mengenai spesifikasi alat *ballast water treatment* yang didapatkan dari katalog alat, ukuran utama kapal, ukuran tanki balas dan kapasitas pompa nya serta data terkait biaya pelayaran selain itu dibutuhkan juga data mengenai trafik kapal tanker yang sandar di suatu pelabuhan untuk memprediksi kapasitas fasilitas *ballast water management* di pelabuhan dan data primer yang didapatkan dari hasil wawancara dan pengamatan langsung, pengumpulan data ini dilakukan dengan mengambil data terkait dalam permasalahan dalam tugas ini ke Syahbandar Utama Tanjung Perak, Pelindo III

cabang Tanjung Perak, Puslitbang Kementerian Perhubungan RI, PT. Pertamina Shipping dan Samudera Indonesia *Ship Management*.

4. Tahapan Analisa Data

Setelah data diperoleh maka penulis akan melakukan analisa data terkait tujuan penelitian. Dari data mengenai spesifikasi kapal, rute, kecepatan, biaya pelabuhan maka dapat dihitung biaya pelayaran kapal tersebut sebelum melakukan investasi *ballast water management on-board*. Dari data spesifikasi alat *ballast water treatment* dapat diidentifikasi biaya investasi dan item untuk perhitungan biaya operasional serta biaya perawatan tiap alat tersebut, analisa data yang dilakukan adalah membandingkan fasilitas mana yang akan memberi dampak terkecil pada biaya pelayaran kapal serta biaya angkutnya.

5. Kesimpulan dan saran

Setelah analisis data mendapatkan hasil maka penelitian ini dapat memberikan kesimpulan dan saran mengenai pemilihan alat *ballast water treatment* yang dapat dijadikan rekomendasi untuk perusahaan pelayaran khususnya tanker dan pemerintah sebagai pembuat kebijakan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4 GAMBARAN UMUM

Bab Gambaran Umum ini menjelaskan kondisi terkini terkait konvensi *ballast water management* serta tentang obyek penelitian. Obyek penelitian dalam penelitian ini adalah kapal *crude oil tanker* yang membawa komoditi minyak mentah dengan rute internasional.

4.1 Analisis Kondisi Terkini

Sejak diberlakukannya konvensi *Ballast Water Management (BWM)* di Indonesia pada tahun 2015 dan pemerintah telah berkesesuaian dengan peraturan pemerintah (UU No. 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran pada pasal 229, PP No. 21 Tahun 2010 tentang Perlindungan Lingkungan Maritim dan PM No. 29 Tahun 2014 tentang Pencegahan Pencemaran Lingkungan Maritim) masih ada perusahaan pelayaran nasional yang belum menerapkannya pada kapal-kapal yang dioperasikan pada rute internasional. Hingga saat ini, pihak perusahaan pelayaran masih melakukan kegiatan *ballast water exchange* yang memperbolehkan kapal tanpa *ballast water treatment* di kapalnya untuk melakukan proses *de-ballasting* sejauh 200 mil laut dari daratan dan minimal kedalaman lautnya adalah 200 meter. Hal ini dilakukan agar organisme yang berasal dari air balas tidak dapat bertahan hidup jika dibuang ke tengah samudera.

Kegiatan ini tidak sesuai dengan peraturan yang ada karena seharusnya sudah tidak bisa dipraktikan di daerah perairan Indonesia. Hal ini akhirnya membuat perusahaan pelayaran harus melakukan pembuangan air balas di pelabuhan yang memiliki fasilitas *ballast water treatment* jika belum melakukan instalasi alat *ballast water treatment*. Sehubungan dengan regulasi B-3.6 konvensi *Ballast Water Management*, kapal-kapal yang melakukan pertukaran air balas di *Reception Facility* tidak perlu dilengkapi dengan peralatan penanganan air balas (*on-board ballast water treatment system*) namun saat ini belum ada *Reception Facility* yang memiliki fasilitas penanganan air balas. Dalam tahap perencanaan penerapan konvensi ini akan diberlakukan di empat pelabuhan internasional Indonesia yaitu Pelabuhan Belawan, Pelabuhan Tanjung Priok, Pelabuhan Tanjung Perak dan Pelabuhan Makassar.

Sesuai dengan *timeline* penerapan konvensi BWM dari *International Maritime Organization* bahwa tiap kapal dengan kapasitas tanki balas dan tahun pembuatan tertentu harus menyesuaikan dengan aturan konvensi BWM seperti disebutkan pada *Tabel 4.1*

Tabel 4.1 Timeline Konvensi Ballast Water Management

Tahun Pembuatan Kapal		Kapasitas Ballast (m ³)	Tahun				
			2012	2013	2014	2015	2016
Konstruksi Baru	> 2009	< 5.000	D2				
	2009 – 2012	≥ 5.000	D1 / D2			D2	
	2012 +	≥ 5.000	D2				
Kapal saat ini	< 2009	1.500-5.000	D1/D2		D2		
	<2009	< 1500 atau > 5000	D1/D2				D2

http://www.medadesign.com/ballast_water_management_convention/)

Penerapan konvensi BWM berlangsung secara bertahap agar institusi terkait dapat mempersiapkan diri agar konvensi ini dapat berjalan sesuai tujuannya. Regulasi D-1 dalam konvensi BWM adalah aturan kapal untuk melakukan *ballast water exchange* dan sedangkan regulasi D-2 adalah kapal menggunakan *ballast water treatment* yang hasil keluaran air balasnya telah memenuhi syarat dari *International Maritime Organization*. Hingga tahun 2017, lima puluh empat negara telah meratifikasi konvensi ini dan mewakili 53,30% dari *gross tonage* di dunia. Negara lain anggota ASEAN yang telah meratifikasi konvensi ini selain Indonesia adalah Malaysia, sehingga untuk kapal luar negeri dan kapal Indonesia yang memiliki rute pelayanan internasional harus mematuhi konvensi BWM jika melakukan pelayaran di perairan Indonesia.

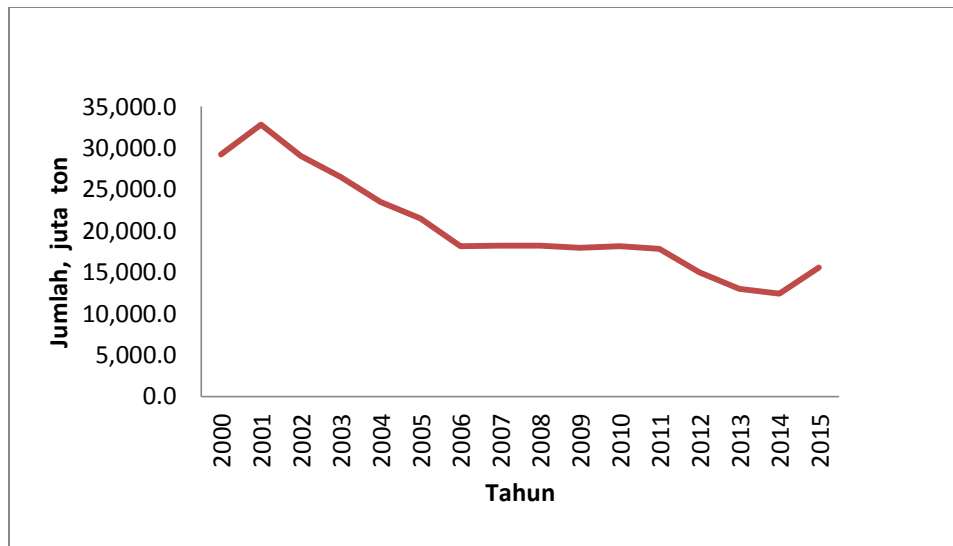
Peralatan bwt dapat diinstalasi di kapal baru maupun kapal lama (dengan cara memodifikasi). Karena biaya pemasangan dan modifikasi peralatan bwt cukup tinggi dan relatif sama, perusahaan pelayaran dan pemilik kapal lebih banyak memilih untuk membuat kapal baru yang memiliki peralatan ini. Hal ini disebabkan karena modifikasi alat bwt memerlukan perubahan *lay-out* dan pemindahan alat-alat yang ada di kamar mesin (BKI, 2017). PT. Pertamina (Persero) pada tahun 2016 telah menambah armadanya dengan konsep *eco-ship* yaitu penambahan fasilitas yang *environmental-friendly* seperti *ballast water treatment*, *oil discharge monitoring* dan emisi gas buang mesin penggerak kapal yang sudah mengikuti persyaratan IMO Tier II (peraturan IMO mengenai Nox dan gas emisi dari kapal). Sehubungan dengan regulasi B-3.6 konvensi *Ballast Water Management*, kapal-kapal yang melakukan pertukaran air balas di *Reception Facility* tidak perlu dilengkapi dengan peralatan penanganan air balas (*on-board*

ballast water treatment system) namun saat ini belum ada *Reception Facility* yang memiliki fasilitas penanganan air balas. Dalam tahap perencanaan penerapan

4.2 Komoditas Minyak dan Ekspor Minyak Republik Indonesia

Bahan bakar fosil akan tetap menjadi sumber energi paling penting, dengan minyak berkontribusi 33%, batubara 28% dan gas alam 23% dari total sumber energi (IMF: April 2011). Sumber energi terbarukan seperti geotermal, tenaga air, sinar matahari dan angin, hanya berkontribusi sedikit. Peningkatan permintaan untuk minyak mentah dikombinasikan dengan kekhawatiran mengenai ketersediaannya menyebabkan harga minyak mencapai rekor tinggi dalam sejarah pada tahun 2000an. Meskipun tren yang meningkat ini diganggu sementara oleh krisis finansial global 2008-2009, permintaan minyak dunia meningkat secara signifikan setelah 2009 sebagian besar disebabkan karena level konsumsi minyak mentah yang meningkat di negara-negara berkembang yang menunjukkan pertumbuhan Produk Domestik Bruto (PDB) yang subur.

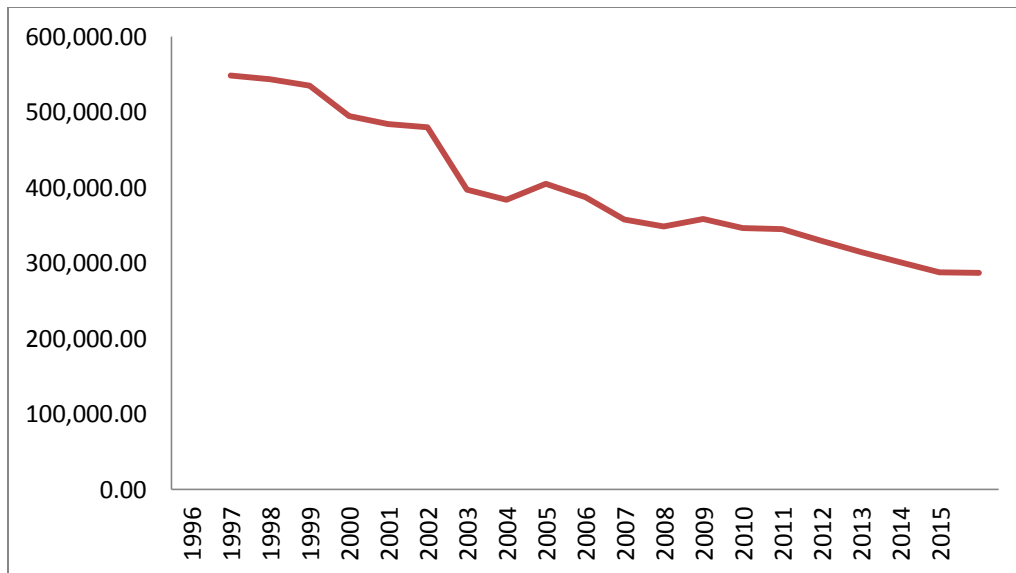
Memasuki tahun 2016 harga minyak di pasar global terus melemah terutama dipicu oleh keputusan Kongres Amerika Serikat (AS) yang mencabut larangan ekspor minyak yang dihasilkan oleh produsen minyak di AS. Pencabutan sanksi nuklir AS dan Eropa terhadap Iran di awal tahun 2016 juga berkontribusi pada semakin terpuruknya harga minyak. Pasca keputusan tersebut, Iran segera melepas cadangan minyak mentahnya ke pasar ekspor yang menyebabkan harga minyak internasional menukik tajam. Untuk pertama kalinya dalam 12 tahun terakhir harga minyak jatuh hingga \$27,67 per barel di pertengahan Januari 2016 (Annual Report PT. Pertamina, 2016)



Gambar 4.1 Ekspor Minyak Bumi Republik Indonesia

(Sumber: BPS, 2016)

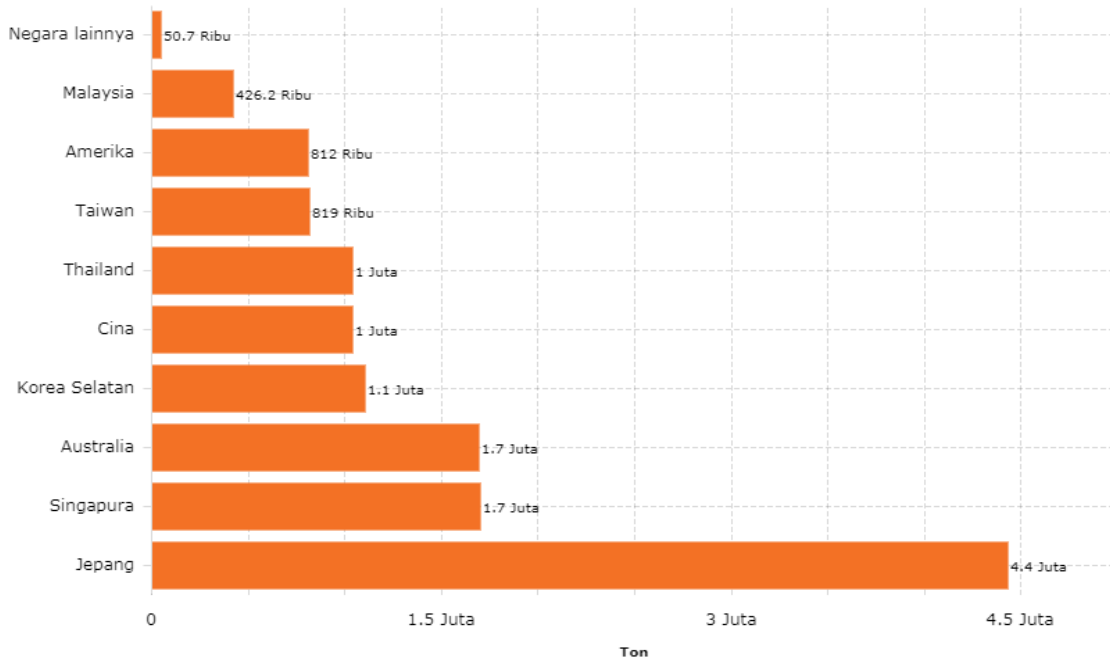
Sejak tahun 1990an produksi minyak mentah Indonesia telah mengalami tren penurunan yang berkelanjutan karena kurangnya eksplorasi dan investasi di sektor ini. Di beberapa tahun terakhir sektor minyak dan gas negara ini sebenarnya menghambat pertumbuhan PDB. Target-target produksi minyak, ditetapkan oleh Pemerintah setiap awal tahun, tidak tercapai untuk beberapa tahun berturut-turut karena kebanyakan produksi minyak berasal dari ladang-ladang minyak yang sudah menua. Saat ini, Indonesia memiliki kapasitas penyulingan minyak yang kira-kira sama dengan satu dekade lalu, mengindikasikan bahwa ada keterbatasan perkembangan dalam produksi minyak, yang menyebabkan kebutuhan saat ini untuk mengimpor minyak demi memenuhi permintaan domestik. Penurunan produksi minyak Indonesia dikombinasikan dengan permintaan domestik yang meningkat mengubah Indonesia menjadi importir minyak dari tahun 2004 sampai saat ini, menyebabkan Indonesia harus menghentikan keanggotaan jangka panjangnya (1962-2008) di OPEC (Indonesia Investment) Dari tahun 1996 hingga 2015 jumlah produksi minyak bumi di Indonesia sudah menurun sebanyak 47,7%



Gambar 4.2 Produksi minyak bumi Republik Indonesia

(Sumber: Kementerian ESDM, 2016)

Menurut data Kementerian ESDM, kapasitas kilang Indonesia mencapai 1,17 juta barel minyak per hari pada 2015. Kontribusi terbesar dari kilang Cilacap mencapai 348 ribu barel minyak per hari. Angka ini merupakan yang terbesar dibandingkan dengan kilang minyak lainnya di Tanah Air Sementara kapasitas kilang minyak terbesar kedua adalah Balikpapan, yakni mencapai 260 ribu barel per hari kemudian diikuti Musi dengan kapasitas 127,3 ribu barel per hari. Sedangkan kapasitas kilang minyak Cepu adalah yang terendah, yaitu sebesar 3.800 barel per hari. Selain itu karena Indonesia termasuk dalam 30 negara eksportir minyak terbesar di dunia, berikut lampiran grafik yang menunjukkan negara tujuan ekspor minyak :



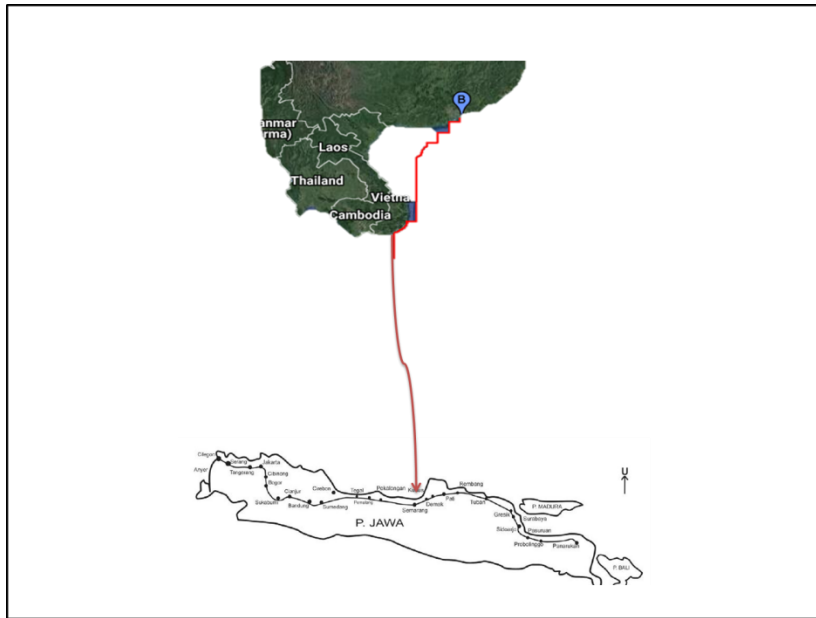
Gambar 4.3 Negara tujuan ekspor minyak

(Sumber : Kementrian ESDM)

Tujuan ekspor minyak Indonesia utama adalah negara Jepang diikuti oleh Singapura, Australia, Korea Selatan dan Tiongkok. Dalam penelitian ini, rute ekspor minyak yang digunakan dalam perhitungan adalah pengiriman dari Cilacap maupun Tanjung Priok ke Singapura dan Hong Kong.

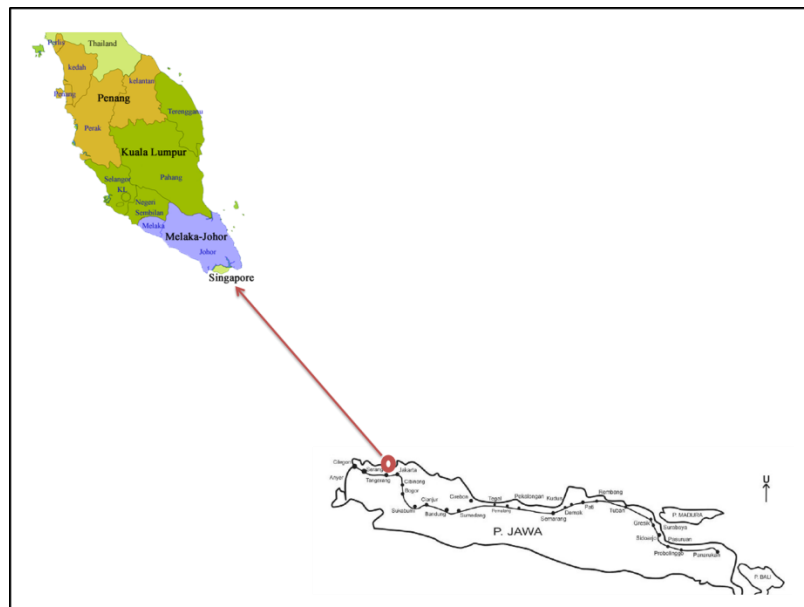
4.3 Rute Ekspor Minyak Mentah

Sesuai dengan hasil wawancara dengan perusahaan pemilik armada kapal, rute internasional yang pernah dilayani, adalah ke Singapura dan Hong Kong, dari dua pelabuhan yaitu Cilacap dan Tanjung Priok.



Gambar 4.4 Rute Cilacap - Port of Hong Kong

Rute Cilacap - Hong Kong yang berjarak 2459 mil laut dilayani oleh kapal yang M. T. Sinar Jogya dan M.T. Gunung Geulis, sedangkan rute Tanjung Priok – Jurong, Singapura adalah sebesar 638 mil laut.



Gambar 4.5 Rute Tanjung Priok - Jurong, Singapura

Jarak rute Tanjung Priok-Jurong Port di Singapura adalah 638 mil laut, kapal yang melayani rute ini adalah M. T. Kamojang, M. T. Senipah, dan M. T. Galunggung. Kelima kapal ini akan digunakan sebagai obyek penelitian dalam Tugas Akhir ini.

4.4 Data Kapal dan Pendukungnya

Data lima kapal *oil tanker* yang akan digunakan dalam Tugas Akhir ini ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Kapal

Nama Kapal	L (m)	B (m)	T (m)	H (m)	DWT (ton)	Payload (ton)	GT	Kapasitas Tanki Ballast (m ³)	Kapasitas Pompa Ballast (m ³ /jam)
M. T. Sinar Jogya	153,00	27,00	7,00	11,70	17.766	24.658	13.960	10.636	500
M.T. Gunung Geulis	243,80	42,00	14,55	21,30	110.362	127.517	60.379	42.017	1.800
M.T. Kamojang	102,00	19,20	6,00	9,30	6.500	5.870	5.570	3.485	150
M. T. SENIPAH	180,00	30,50	9,00	15,90	29.760	43.413	24.167	18.220	650
M. T. Galunggung	244,50	44,00	12,70	21,5	88.312	111.438	63.005	43.363	1.500

Data kapal tersebut akan digunakan dalam perhitungan *total cost* untuk menentukan biaya per unit dari tiap kapal sebelum menggunakan alat *ballast water treatment* dan setelah dipasang alat *ballast water treatment* nya. Setiap kapal memiliki rute pelayanan yang berbeda seperti sebagai berikut :

Tabel 4.3 Rute dan Jarak Kapal

Nama Kapal	Asal -Tujuan
MT Kamojang	Tanjung Priok - Jurong Port, Singapura 638 mil laut
M. T. Galunggung	
M. T. Senipah	
M.T. Gunung Geulis	Cilacap - Hongkong Oil Terminal 2459 mil laut
M. T. Sinar Jogya	

BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan memaparkan analisis hasil dari perhitungan perbandingan biaya per unit pengiriman minyak mentah dengan kapal tanker sebelum dan sesudah melakukan instalasi *ballast water treatment*. Selain membandingkan biaya per unit adapun komponen analisis pada bab ini terdiri dari analisis teknis dan lingkungan *ballast water treatment*, analisis biaya transportasi laut serta analisis biaya investasi *on-board ballast water treatment* yang akan berpengaruh pada total biaya transportasi dan yang terakhir analisis perhitungan fasilitas *mobile unit ballast water treatment* di pelabuhan.

5.1 Analisis Teknis dan Lingkungan *Ballast Water Treatment*

Pemilihan *ballast water treatment* untuk kapal berjenis *crude oil tanker* didasarkan pada beberapa aspek teknis seperti *flow rate* atau *pumping rate* dari alat tersebut agar sesuai dengan kemampuan pompa balas yang telah tersedia di kapal. Aspek lainnya yang menjadi pertimbangan adalah dimensi serta daya yang dibutuhkan tiap-tiap jenis alat. Menurut studi *American Bureau Shipping (ABS)*, teknologi *ballast water treatment (bwt)* yang paling umum digunakan dalam kapal (berklasifikasi ABS) adalah *direct flow electrolysis* sebesar 29%, filtrasi + UV sebanyak 26% dan 21% lainnya menggunakan filtrasi + *side-stream electrolysis*. Ketiga alat tersebut mendominasi di pasar teknologi *ballast water treatment*. Selain analisis teknis, analisis lingkungan diperlukan dalam pertimbangan pemilihan alat bwt karena tiap teknologi memiliki dampak lingkungan yang berbeda.

Berikut analisis teknis terkait *Ballast Water Treatment*:

1. *Flow/Pumping Rate*

Data kesesuaian antara *flow* atau *pumping rate* alat dengan pompa balas yang ada di kapal terdapat pada

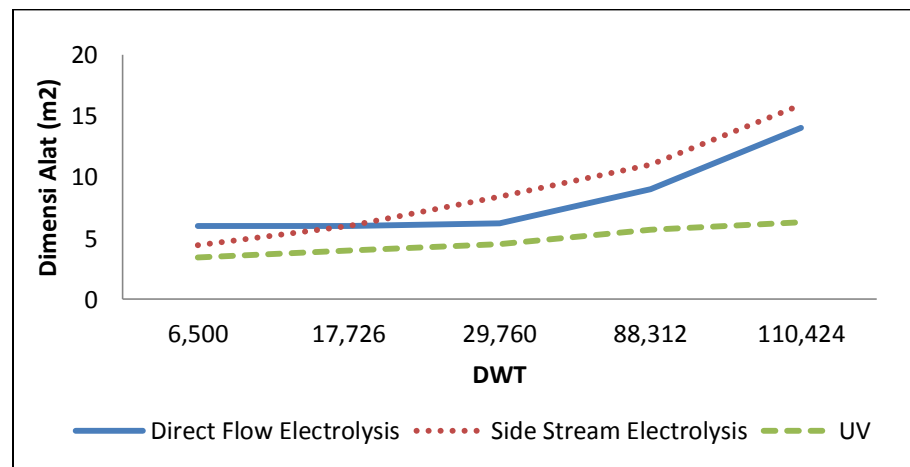
Tabel 5.1

Tabel 5.1 *Flow Rate Ballast Water Treatment*

DWT	Flow Rate (m ³ /h)			
	Pompa di Kapal	Direct Flow Electrolysis	Side Stream Electrolysis	UV
6.500	150	150	150	150
17.726	500	500	500	500
29.760	650	700	700	700
88.312	1500	1500	1500	1500
110.424	1800	2000	2000	2000

Flow rate dari tiap teknologi menjadi pertimbangan saat melakukan pemilihan *ballast water treatment* karena hal ini akan mempengaruhi waktu pengambilan dan pengeluaran air balas di kapal. Dalam pemilihan ini, pompa balas yang tersedia di kapal menjadi acuan karena jika alat yang dipilih memiliki *flow rate* yang lebih rendah maka akan berpengaruh pada waktu pengambilan dan pengeluaran air balas sehingga dipilih alat yang memiliki kapasitas minimal sama atau lebih besar dari pompa balas yang ada di kapal.

2. Dimensi Alat



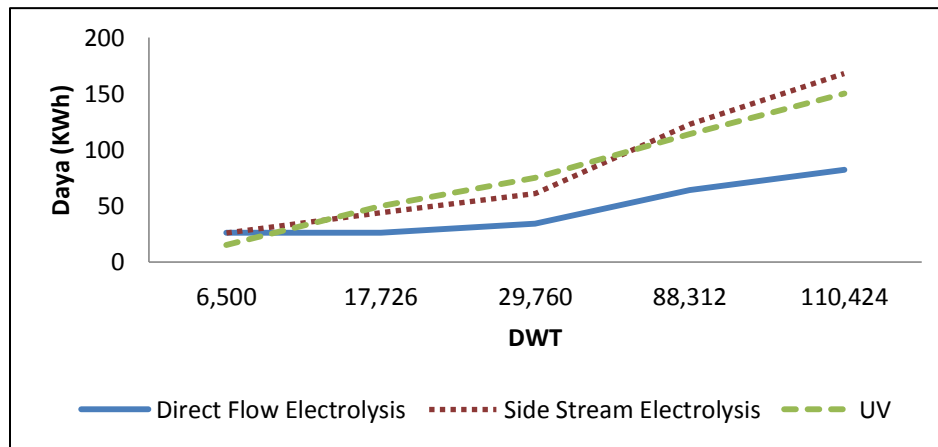
Gambar 5.1 Dimensi BWT pada tiap kapal

Pada penelitian ini dari ketiga teknologi yang akan diterapkan memiliki dimensi yang berbeda dan pengaruh dimensi pada instalasi di kapal adalah ketersediaan ruang kosong di kamar mesin. Pertimbangan lainnya adalah untuk meminimalisir modifikasi sistem yang sudah ada pada kapal yang akan di *retrofit* menggunakan teknologi *bwt* yang baru. Ketiga alat tersebut yang memiliki dimensi paling kecil – dengan *flow-rate* yang sama seperti yang telah dijelaskan pada

poin sebelumnya adalah teknologi UV. Kedua sistem lainnya membutuhkan ruang yang lebih luas dikarenakan sistem elektrolisis membutuhkan beberapa instalasi tambahan lainnya seperti tanki untuk senyawa penetralisir dan instalasi untuk *dosing/degassing* dari gas hidrogen yang dihasilkan oleh sistem ini.

3. Daya

Daya yang dibutuhkan tiap teknologi *bwt* dipengaruhi oleh beberapa faktor. Penggunaan daya oleh teknologi UV sangat tergantung dengan kejernihan air yang akan di-*treatment* karena sinar UV akan bekerja lebih efektif ketika air yang di-*treatment* dapat disinari keseluruhan. Berbeda dengan teknologi elektrolisis, kebutuhan dayanya dipengaruhi oleh salinitas air laut yang akan di-*treatment* dan semakin tinggi salinitas air nya maka daya yang diperlukan semakin sedikit.



Gambar 5.2 Kebutuhan Daya tiap Alat

Kebutuhan daya tertinggi dimiliki oleh sistem *side-stream electrolysis* hal ini dipengaruhi oleh sistem kerja *side-stream electrolysis* yang merubah air laut menjadi disinfektan dengan konsentrasi yang tinggi. Kebutuhan daya menjadi pertimbangan pemilihan karena hal ini dapat mempengaruhi sistem kelistrikan di kapal, ketika *load factor* sistem kelistrikan kapal tidak dapat memenuhi kebutuhan daya alat ini maka harus dilakukan modifikasi sistem kelistrikan guna penggunaan teknologi *bwt* di kapal. Untuk kapal dengan $DWT \leq 6.500$ akan lebih efisien (dari sisi kebutuhan daya listrik) menggunakan metode UV, sedangkan untuk kapal dengan kisaran $DWT > 6.500 - 110.000$ dari menggunakan metode *direct flow electrolysis*.

Sedangkan, analisis lingkungan diperlukan untuk mengetahui dampak terhadap lingkungan dari *bwt* dengan metode tertentu. Analisis lingkungan juga dijadikan bahan pertimbangan dalam

proses pemilihan metode yang akan digunakan untuk kapal. Daftar dampak lingkungan teknologi *ballast water treatment* menurut jenisnya pada Tabel 5.2

Tabel 5.2 Analisis Lingkungan Teknologi BWT

Metode <i>Treatment</i> Air Balas	Dampak Lingkungan
<i>Ultra-Violet</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Efisiensi tergantung pada kualitas/kejernihan air - Efektif untuk mikroorganisme - Tanpa menggunakan zat aktif kimia - Paparan Sinar UV pada awak kapal
<i>Electrolysis (Direct/Side-stream)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Treatment</i> menghasilkan zat aktif kimia - Diperlukan senyawa netralisir sebelum melakukan <i>de-ballasting</i> - Efektif untuk segala jenis organisme - Efisiensi tergantung pada salinitas air

Dari kedua jenis teknologi yang akan digunakan dalam penelitian ini, metode UV memiliki dampak lingkungan yang lebih kecil daripada metode elektrolisis. Metode elektrolisis yang menghasilkan zat kimia sebagai disinfektan memerlukan zat kimia penetralisir untuk mengurangi konsentrasi disinfektan sebelum air balas dikeluarkan dari kapal, sesuai dengan standar IMO konsentrasi keluaran air balas dengan zat kimia minimal adalah 0,2 ppm. Risiko lingkungan penggunaan metode elektrolisis lebih besar karena proses *de-ballasting* harus benar-benar diperhatikan agar tidak menjadi faktor pencemaran air laut.

Tabel 5.3 Rekapitan Analisis Teknis dan Lingkungan

Metode Faktor	Direct Flow Electrolysis	Side Stream Electrolysis	UV
<i>Flow/Pumping Rate</i>	Sesuai dengan pompa di kapal		
Dimensi	Ukuran DWT < 6.500 – 17.000 dimensi lebih besar dari kedua metode lainnya. Untuk DWT > 17.000 dimensi lebih kecil dari <i>side-stream electrolysis</i> namun lebih besar dari UV.	Memiliki dimensi paling besar kecuali untuk kapal dengan DWT < 6.500-17.000.	Dengan <i>flow rate</i> yang sama memiliki dimensi paling kecil.
Daya Listrik	Daya lebih kecil diantara kedua metode lainnya.	Untuk kapal > DWT 29.000, daya yang dibutuhkan lebih tinggi daripada dua metode lainnya.	Untuk DWT < 6.500 daya lebih kecil.
Lingkungan	Menggunakan senyawa kimia untuk menetralsir.		Paparan sinar UV.

Tabel 5.3 memaparkan ketiga metode dilihat dari aspek analisis teknis dan lingkungan, dengan penjelasan diatas dapat dijadikan bahan pertimbangan ketika pemilik kapal akan melakukan *retrofitting* pada kapalnya selain dari sisi ekonomis.

5.2 Analisis Biaya terkait *On-board Ballast Water Treatment*

Analisis ini berkaitan dengan biaya angkut kapal per tonnya setelah melakukan penambahan *on-board ballast water treatment* dengan tiga teknologi berbeda. Biaya-biaya yang termasuk pengadaan, operasional dan perawatan akan dibebankan pada tiap-tiap kapal yang dijadikan obyek penelitian.

5.2.1 Biaya Kapital *Ballast Water Treatment*

Biaya pengadaan alat *ballast water treatment* sangat bergantung pada tipe metode penanganan serta keadaan kapal yang akan dilakukan *retrofitting*. Keadaan kapal yang akan di

Tabel 5.4 Investasi Alat

Kapal	Investasi Alat (Rp)		
	Direct Flow Electrolysis	Side stream Electrolysis	UV
M. T. Kamojang	10.242.639.000	8.077.509.000	8.484.291.000
M. T. Sinar Jogya	12.501.810.000	9.795.397.500	10.347.615.000
M. T. Senipah	13.809.150.000	10.802.025.000	11.415.600.000
M.T. Gunung Geulis	16.714.350.000	13.038.975.000	13.788.900.000
M. T. Galunggung	15.261.750.000	11.920.500.000	12.602.250.000

Biaya pengadaan ini sudah termasuk kalkulasi dari biaya perencanaan, biaya pembelian alat, biaya instalasi dan biaya lainnya yang mendukung instalasi seperti pembelian bahan-bahan serta instalasi sistem terkait seperti instalasi kelistrikan dan pipa seperti pada Merujuk pada (Jaehoon Jee, 2017) harga alat dengan sistem direct flow electrolysis memiliki harga yang lebih tinggi daripada kedua sistem lainnya.

5.2.2 Angsuran Biaya Kapital *Ballast Water Treatment*

Angsuran merupakan biaya yang harus dibayarkan oleh pemilik atau manajemen perusahaan pelayaran tiap tahunnya dan akan dikalkulasikan pada biaya kapital kapal tiap tahunnya. Dalam pembiayaan alat ini penulis memperhatikan umur kapal saat ini dan mempertimbangkan tenor pembayaran dengan melihat sisa umur ekonomisnya

Tabel 5.5 Tenor Pembiayaan *Ballast Water Treatment*

Nama Kapal	Umur Kapal (tahun)	Umur ekonomis kapal	Tenor
MT Kamojang	8	30 Tahun	10
M. T. Sinar Jogya	16		7
M. T. Senipah	3		10
M.T. Gunung Geulis	8		10
M. T. Galunggung	6		10

Setelah mengetahui tenor pembiayaan, bunga pinjaman dan penentuan *grace period* diketahui asumsi pendanaan menggunakan dana pribadi (*equity*) dan pinjaman dari bank (*debt*) dengan rasio 20:80 dari investasi alat. Dapat diketahui angsuran tiap investasi alat ini pada tiap-tiap kapal seperti pada persamaan 2.1

Tabel 5.6 Angsuran untuk investasi *ballast water treatment*

Angsuran tiap tahun (Rp)			
Kapal	Direct Flow Electrolysis	Side stream Electrolysis	UV
M. T. Kamojang	1.333.553.863	1.051.661.913	1.104.623.431
M. T. Sinar Jogya	2.054.352.424	1.609.622.815	1.700.365.624
M. T. Senipah	1.797.900.456	1.406.383.859	1.486.269.064
M.T. Gunung Geulis	2.176.146.793	1.697.626.508	1.795.263.980
M. T. Galunggung	1.987.023.624	1.552.005.184	1.640.766.522

Sesuai dengan pengeluaran untuk investasi masing-masing alat maka *direct flow electrolysis* memiliki angsuran paling tinggi dengan asumsi bunga sebesar 10%. Angsuran ini akan berpengaruh pada total biaya kapal per tahunnya.

5.2.3 Biaya Operasional Ballast Water Treatment

Biaya operasional tiap alat pada kapal sangat berkaitan dengan besar daya yang dibutuhkan oleh alat tersebut dan tambahan senyawa penetralisir yang ada pada sistem elektrolisis dimana dibutuhkan konsentrasi untuk menurunkan konsentrasi disinfektan yang awalnya 10 ppm menjadi minimal 0,2 ppm menurut standar IMO D-2.

Tabel 5.7 Biaya operasional *Ballast Water Treatment* per m³

Kapal	Opex per m ³ (Rp)		
	Direct Flow Electrolysis	Side stream Electrolysis	UV
M.T. kamojang	1.066	1.066	459
M. T. Sinar Jogya	509	674	459
M. T. Senipah	510	701	530
M.T. Gunung Geulis	479	698	383
M. T. Galunggung	368	458	174

Biaya operasional *ballast water treatment* per m³ didapatkan dari perhitungan biaya yang dikeluarkan tiap alat untuk kebutuhan daya dan kebutuhan substansi kimia yang diperlukan untuk menetralkan keadaan air balas di tanki sebelum dikeluarkan ke laut. Pada sistem UV, substansi kimia tidak diperlukan untuk menetralkan air laut yang akan dikeluarkan sehingga biaya operasional untuk UV lebih murah daripada kedua jenis alat lainnya.

Tabel 5.8 Biaya operasional *Ballast Water Treatment* per tahun

Kapal	Biaya operasional per tahun (Rp)		
	Direct Flow Electrolysis	Side Stream Electrolysis	UV
M. T. Kamojang	401.021.042	401.021.042	172.737.104
M. T. Sinar Jogya	173.130.255	229.370.020	156.221.568
M. T. Senipah	687.747.257	944.812.396	714.069.831
M.T. Gunung Geulis	402.606.894	586.893.456	321.430.050
M. T. Galunggung	670.072.828	834.476.705	317.661.727

Biaya operasional per tahun dapat diketahui melalui frekuensi kapal dengan asumsi tiap perjalanan kapal melakukan 1 kali *ballasting* dan 1 kali *de-ballasting* dan tiap melakukan aktivitas tadi total jumlah air balas yang ditreatment sebanyak 100% kapasitas tanki ballast.

5.2.4 Biaya Perawatan dan Perbaikan

Biaya perawatan dan perbaikan sangat bergantung pada anjuran industri manufaktur pembuat alat *ballast water treatment* dan berkaitan pada *time-scale* penggantian komponen maupun perawatan rutin, sehingga untuk mendapatkan perhitungan biaya perawatan dan perbaikan per tahun penulis merata-rata dari total biaya maintenance pada satuan waktu. Sehingga diketahui

bahwa pada tiap tahun nya *Ballast Water Treatment* dengan metode UV + Filter adalah sebesar Rp 42.000.000 dan dengan metode Elektrolisis + Filter adalah sebesar Rp 49.636.364. Biaya perawatan ini nantinya akan ditambahkan ke biaya perawatan dan perbaikan total di kapal.

5.3 Analisis Biaya *Mobile Unit Ballast Water Treatment*

Fasilitas di pelabuhan yang ditinjau adalah menggunakan fasilitas *mobile unit ballast water treatment*. Penentuan permintaan akan fasilitas ini adalah dari kunjungan kelima kapal yang menjadi obyek penelitian, berikut detail penentuan permintaan fasilitas di pelabuhan pada

Tabel 5.9

Tabel 5.9 Analisis Permintaan fasilitas mobile unit BWT

Kapal	Frekuensi Kunjungan	Ballast Water treated (m ³ /visit)	Total BW treated(m ³)
MT Kamojang	54	3.485	188.167
M. T. Sinar Jogya	16	10636	170.176
M. T. Senipah	37	18220	674.140
M.T. Gunung Geulis	10	42017	420.170
M. T. Galunggung	21	43363	910.623
Total	138		2.363.276

Sehingga pada satu tahun diketahui bahwa sebanyak 2.363.276 m³ air balas akan melakukan penanganan di pelabuhan. Total air balas yang akan di-*treatment* akan menentukan tarif yang dibebankan pada kapal.

5.3.1 Biaya kapital

Biaya pengadaan fasilitas mobile unit ballast water treatment untuk di pelabuhan adalah sebagai berikut:

Tabel 5.10 Biaya Kapital *Mobile Unit BWT*

Item	Harga (Rp)
alat treatment (damen treatment unit)	4.936.800.000
Flatbed trailer	411.400.000
spare part, pipa, hoses, dll	308.550.000
Head truck	1.542.750.000
Generator set	411.400.000
container tank untuk lumpur/dll	102.850.000
Total	7.713.750.000

Biaya pengadaan yang paling tinggi adalah alat *treatment* yang akan digunakan pada *mobile unit*, alat *treatment* berkapasitas 300 m³ per jam ini menggunakan metode UV. Kelebihan *mobile unit ballast water treatment* ini dapat melakukan dua opsi penanganan sekaligus yaitu ketika kapal melakukan *de-ballasting* maupun *ballasting* ketika kapal hendak melakukan pelayaran rute internasional, sehingga kapal tidak memerlukan *on-board ballast water treatment* ataupun penggunaan fasilitas di pelabuhan tujuan. Hingga saat ini, kapasitas terbesar *mobile unit* yang ada di industri adalah sebesar 300 m³ per jam sehingga jika dibandingkan dengan kapasitas pompa yang ada di kapal dengan DWT diatas 10.000 cenderung lebih kecil. Kapasitas pompa fasilitas ini nantinya akan berpengaruh pada waktu kapal melakukan penanganan di pelabuhan, baik *ballasting* maupun *de-ballasting*.

5.3.2 Angsuran Biaya Kapital

Sehingga diketahui bahwa angsuan per tahun yang harus dibayarkan oleh pihak pelabuhan pada institusi keuangan adalah sebesar Rp 1.004.301.832 per tahunnya. Angsuran ini nantinya akan dibebankan pada total biaya per tahun penggunaan *mobile unit ballast water treatment* selama 7 tahun sesuai dengan tenor pembayaran pada pihak institusi keuangan. Umur ekonomis yang dimiliki oleh alat *treatment* ini adalah lima belas tahun (Danish Shipowners' Association, 2012).

5.3.3 Biaya Operasional Tetap

Biaya operasional tetap pada fasilitas ini merupakan biaya pertahun yang dikeluarkan oleh pihak pelabuhan seperti gaji pegawai yang mengoperasikan alat ini dan juga administrasi untuk survey kelas agar menjaga fasilitas ini tetap dalam standar IMO. Selain dua hal tersebut, biaya operasional tetap per tahun juga meliputi biaya perawatan dan perbaikan yang diasumsikan sebesar 10% dari harga *treatment unit* ini.

Tabel 5.11 Biaya operasional tetap mobile unit BWT

Item	Biaya (Rp)
Administrasi dan gaji operator	168.000.000
Reparasi	493.680.000
total per tahun	661.680.000

(Sumber : *Ballast Water Treatment in Ports. Feasibility Study, 2012, diolah kembali*)

5.3.4 Biaya Operasional Variabel

Biaya operasional variabel merupakan biaya operasional yang muncul tiap fasilitas ini melakukan aktivitas penanganan air balas di dermaga. Biaya operasional berkaitan dengan biaya bahan bakar truk trailer yang membawa unit treatment, daya listrik yang dihasilkan generator set dan juga untuk biaya lainnya yang mengcover perawatan dan perbaikan *minor*. Untuk satu kali *treatment* dibutuhkan biaya sebesar Rp 547.616 dan jika dalam satu tahun alat ini digunakan untuk melayani sebanyak 138 kedatangan kapal dengan total air balas sebanyak 2.363.276 m³ maka biaya yang dikeluarkan selama setahun adalah Rp 75.570.939.

5.3.5 Biaya Total Per tahun dan Tarif per *treatment*

Dengan total air balas yang akan di *treatment* per tahun sebesar 2.363.276 m³ maka dapat diketahui unit cost dari 1 m³ air yang ditangani adalah Rp 737, karena fasilitas ini milik pelabuhan maka dengan asumsi keuntungan 10% setiap m³ nya maka tarif yang akan diberikan pada pengguna jasa adalah sebesar Rp 811 per m³

Tabel 5.12 Biaya total dan Tarif per *treatment* Fasilitas BWT di pelabuhan

Total Cost (Rp)	
Capital cost	1.004.301.832
Operating (Fixed)	661.680.000
Operating (Variable)	75.570.939
Total	1.741.552.771

5.4 Analisis Biaya Transportasi

Analisis biaya transportasi per kapal ini berkaitan dengan faktor penentuan biaya angkut terkait dengan biaya pengadaan kapal, biaya perjalanan yang meliputi biaya pelabuhan dan bahan bakar, biaya bongkar muat dan biaya operasional. Analisis mengenai *on-board ballast water treatment* dan fasilitas di pelabuhan (*mobile unit ballast water treatment*) akan dianalisis pada sub bab ini.

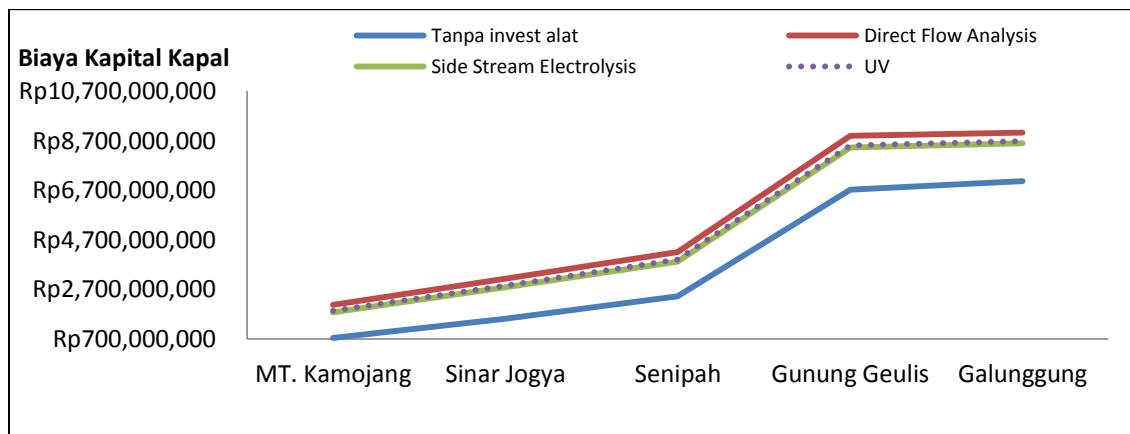
5.4.1 Biaya Kapital Kapal

Biaya kapital yang digunakan adalah perhitungan pembangunan kapal dengan penjumlahan biaya baja, mesin, pajak, inflasi dan investasi alat *ballast water treatment*. Serta biaya kapital ini nantinya melalui angsuran akan dibebankan pada pemilik atau manajemen kapal setiap tahunnya.

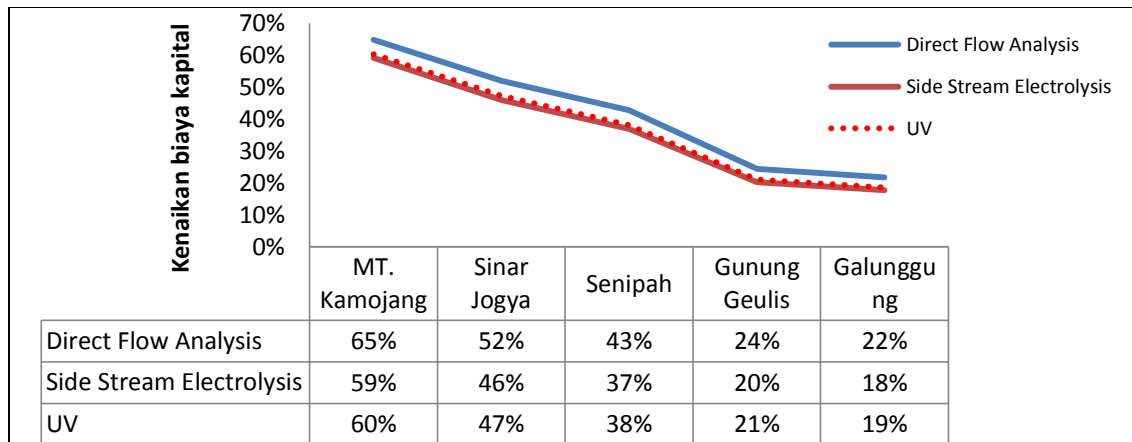
Tabel 5.13 Biaya kapital kapal

Biaya Kapital Kapal (Rp)				
Kapal	Tanpa invest alat	Direct Flow Electrolysis	Side Stream Electrolysis	UV
M. T. Kamojang	724.478.631	2.058.032.494	1.776.140.544	1.829.102.062
M. T. Sinar Jogya	1.500.190.288	3.127.879.892	2.775.514.955	2.847.411.639
M. T. Senipah	2.407.909.083	4.205.809.539	3.814.292.942	3.894.178.147
M.T. Gunung Geulis	6.709.392.239	8.885.539.032	8.407.018.748	8.504.656.220
M. T. Galunggung	7.055.928.851	9.013.515.088	8.584.941.365	8.672.387.721

Untuk kenaikan biaya kapital MT Kamojang setelah menambah *ballast water treatment* tipe Direct Flow Electrolysis yaitu naik sebesar 65%, dengan tipe side stream electrolysis meningkat sebesar 59% dan kenaikan sebesar 60% untuk alat UV. Sedangkan kenaikan biaya kapital di M. T. Sinar Jogya lebih kecil yaitu 52% untuk Direct Flow Electrolysis, 46% untuk tipe Side Stream Electrolysis dan biaya kapital M. T. Sinar Jogya meningkat sebesar 47% jika berinvestasi metode UV sebagai pilihan *ballast water management*, selain itu perubahan biaya kapital juga timbul pada kapal M. T. Senipah dengan perubahan kenaikan biaya kapital sebesar 43% untuk investasi Direct Flow Electrolysis, 37% untuk Side Stream Electrolysis dan 38% dengan investasi alat UV. Rata-rata dari ke-5 kapal ini biaya kapital tertinggi dihasilkan oleh investasi dari Direct Flow Electrolysis seperti pada Gambar 5.3



Gambar 5.3 Biaya kapital kapal



Gambar 5.4 Kenaikan Biaya Kapital

Biaya kapital kapal memiliki pola yang sama dikarenakan tiap metode *ballast water treatment* dengan kapasitas berbeda memiliki perbedaan harga sekitar 10%. Kenaikan biaya kapital kapal lebih tinggi pada kapal dengan DWT lebih kecil, hal ini dikarenakan biaya pengadaan kapal tersebut dengan penambahan atau investasi alat *ballast water treatment* cenderung sama.

5.4.2 Biaya Voyage Kapal

Terdapat beberapa analisis yang harus diperhitungkan terlebih dahulu untuk mendapatkan perhitungan biaya *voyage* kapal, antara lain perhitungan biaya bahan bakar dan biaya pelabuhan. Sedangkan setelah kapal memasang alat *ballast water treatment* biaya *voyage* juga meningkat diakibatkan oleh operasional alat *ballast water treatment* saat melakukan aktivitas *ballasting* dan *deballasting*. Ketika kapal tidak menggunakan alat *ballast water treatment* namun menggunakan fasilitas di pelabuhan maka tarif fasilitas *ballast water treatment* tadi menjadi tambahan biaya pelabuhan, serta dampak dari penggunaan fasilitas *mobile unit ballast water treatment* yang ada di pelabuhan juga berdampak pada waktu tambat kapal karena kapasitas produksi fasilitas tersebut hanya 300 m³ per jam.

Biaya Bahan Bakar

Tabel 5.14 Harga bahan bakar

HARGA BAHAN BAKAR	
IFO 180 (Intermediate Fuel Oil)	\$ 367 /ton
MDO (Marine Diesel Oil)	\$ 482 /ton
IFO 180 (Intermediate Fuel Oil)	Rp 4.881.100,00 /ton
MDO (Marine Diesel Oil)	Rp 6.410.600,00 /ton

(Sumber: <https://shipandbunker.com/prices/apac/sea/sg-sin-singapore#IFO180> 20 Feb - 19 Mei 2017)

Banyaknya konsumsi yang digunakan dalam operasional kapal berdasarkan nilai *Specific Fuel Oil Consumption* (SFOC) dalam satuan ton/kWh, hal ini menunjukkan bahwa mesin yang digunakan selama 1 (satu) jam untuk setiap kilo Watt nya akan menghabiskan bahan bakar sebanyak x ton. Untuk mendapatkan jumlah konsumsi bahan bakar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.5.

Biaya Pelabuhan

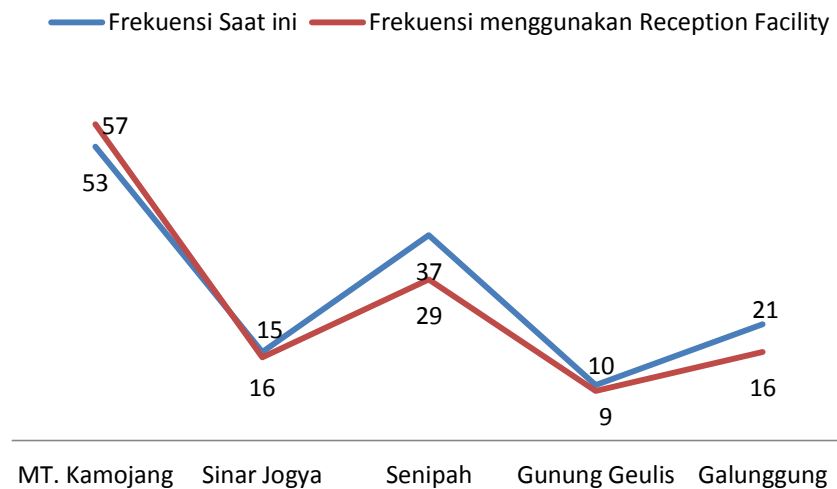
Secara garis besar biaya pelabuhan dapat digolongkan menjadi dua kelompok, yaitu biaya pada jasa layanan kapal dan layanan barang. Jasa layanan kapal terdiri dari layanan labuh, tambat, pandu, tunda dan buka tutup palkah. Asumsi tarif yang digunakan untuk jasa layanan kapal menggunakan standar yang dikeluarkan oleh Peraturan Pemerintah No 11 Tahun 2015 Tentang Jenis dan Tarif. Detail dapat dilihat pada lampiran

Tarif pelabuhan ini didapatkan dari untuk menghitung biaya pelabuhan. Terdapat perbedaan model hitungan antara pelabuhan di Indonesia dan di luar negeri seperti di Hong Kong yaitu seperti biaya tunda adalah fungsi dari pemilihan tunda yang akan digunakan untuk kapal tersebut, selain itu untuk menghitung biaya tambatnya pun juga berbeda yaitu menggunakan fungsi per delapan meter dari panjang kapal

Tabel 5.15 Frekuensi Kapal

Kapal	Rute	Sea time (hari)	Port time (hari)	Frekuensi (dalam setahun)
M. T. Kamojang	Tj. Priok – Jurong Port	5	2	54
M. T. Senipah		5	6	37
M. T. Galunggung		5	12	21
M.T. Gunung Geulis	Cilacap –	16	20	10
M. T. Sinar Jogya	HK	18	4	16

Frekuensi kapal ketika menambah investasi *on-board ballast water treatment* tidak berubah namun ketika kapal menggunakan fasilitas di pelabuhan frekuensi kapal per tahun akan berpengaruh dikarenakan kapasitas dari fasilitas ini lebih kecil dari rata-rata pompa balas kapal yang akan ditangani. Berikut perbedaan frekuensi kapal per tahun dapat dilihat pada Gambar 5.5



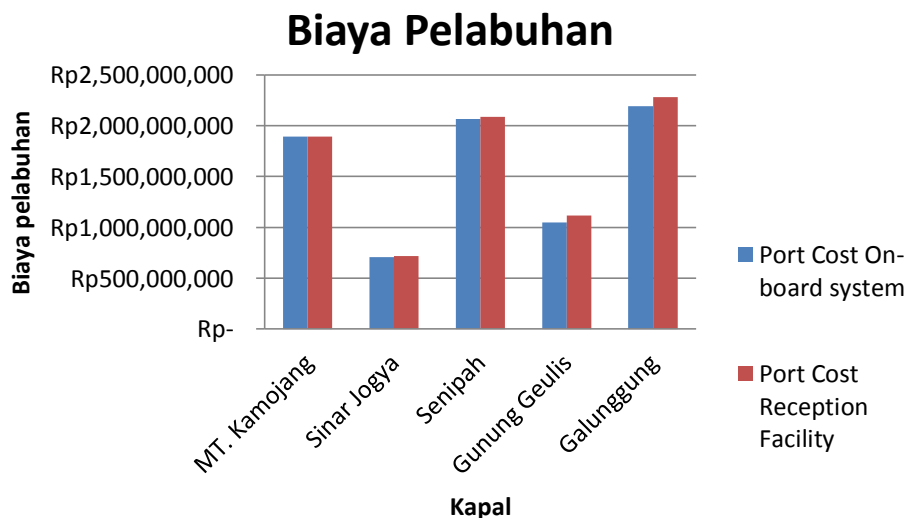
Gambar 5.5 Perbedaan frekuensi kapal

Sehingga setelah mengetahui pokok-pokok biaya bahan bakar dan pelabuhan didapatkan perhitungan biaya *voyage* tiap kapal baik sebelum investasi alat, sesudah dan ketika menggunakan fasilitas di pelabuhan sebagai berikut :

Tabel 5.16 Biaya *Voyage* Kapal

Biaya Voyage Kapal (Rp)					
Kapal	Tanpa invest alat	Direct Flow Electrolysis	Side Stream Electrolysis	UV	Reception Facility
M. T. Kamojang	9.093.539.325	9.488.619.314	9.488.619.314	9.263.717.361	9.253.756.839
M. T. Sinar Jogya	53.540.411.120	53.710.976.483	53.766.383.065	53.694.318.294	55.190.275.116
M. T. Senipah	75.518.021.806	76.195.580.214	76.448.836.981	76.221.512.824	76.083.340.419
M.T. Gunung Geulis	66.813.404.925	67.210.047.272	67.391.603.663	80.435.517.586	67.217.399.202
M. T. Galunggung	40.518.566.333	41.178.712.156	41.340.680.419	40.831.521.960	41.345.989.728

Terdapat kenaikan pada biaya *voyage* kapal ketika menggunakan sistem *on-board ballast water treatment* maupun fasilitas di pelabuhan, hal ini dikarenakan penambahan biaya dari *ballast water treatment* dan juga biaya tambat karena kapal harus tambat lebih lama saat menggunakan fasilitas ini. Seperti pada Gambar 5.6 kenaikan rata-rata biaya pelabuhan dikarenakan penggunaan fasilitas di pelabuhan sekitar 2,54% per tahunnya.



Gambar 5.6 Biaya pelabuhan

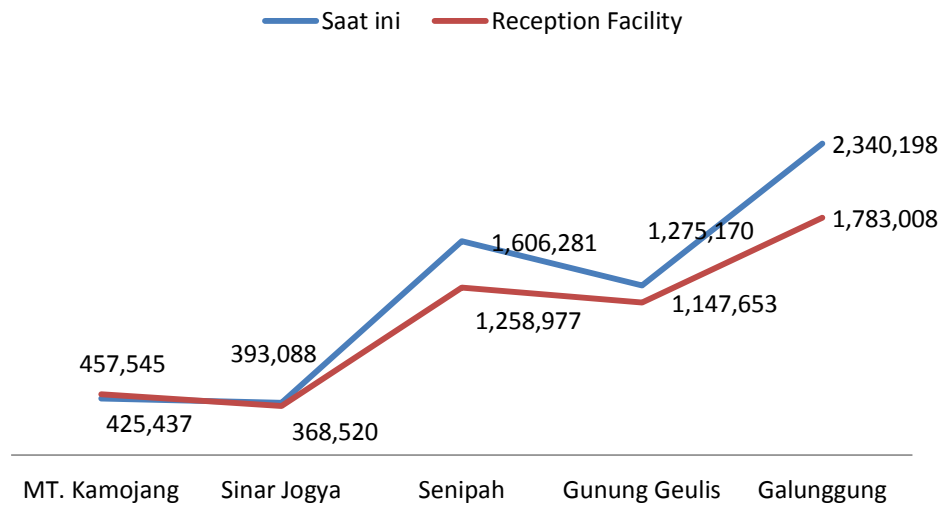
5.4.3 Biaya *Cargo Handling* Kapal

Biaya *cargo handling* merupakan biaya yang muncul ketika kapal melakukan bongkar atau muat di suatu pelabuhan.

Tabel 5.17 Tarif Bongkar Muat

Tarif Bongkar Muat		
Cilacap	20.760	per ton/m ³
Tanjung Priok	22.130	Per ton/m ³
Hong Kong Oil Terminal	96.240	per ton/m ³
Jurong Port	93.500	Per ton/m ³

Pada perhitungan bongkar muat diperlukan jumlah muatan yang akan dibongkar maupun dimuat, untuk mendapatkan biaya bongkar muat selama setahun dapat menggunakan persamaan 2.6. Terdapat perbedaan jumlah muatan yang diangkut per tahunnya ketika kapal menggunakan fasilitas dipelabuhan, berikut perbedaan jumlah muatan yang diangkut pada Gambar 5.7



Gambar 5.7 Perbedaan muatan terangkut (ton)

Muatan kapal ketika menggunakan fasilitas di pelabuhan rata-rata berkurang sebesar 11% kecuali pada kapal M.T Kamojang dikarenakan fasilitas di pelabuhan dapat melakukan penanganan air balas lebih cepat daripada pompa air balas yang ada di kapal. Hal ini mengakibatkan waktu tambat di pelabuhan lebih cepat dan meningkatkan jumlah frekuensi per tahun serta muatan yang bisa diangkut. Berikut hasil perhitungan biaya bongkar muat :

Tabel 5.18 Biaya Bongkar Muat

Biaya <i>Cargo Handling</i> Kapal (Rp)		
Kapal/Tipe Alat	On-board ballast water treatment	<i>Reception Facility</i>
MT. Kamojang	49.776.109.110	50.442.680.324
MT. Sinar Jogja	45.991.296.000	43.116.840.000
MT. Senipah	187.934.877.000	180.724.845.960
MT. Gunung Geulis	149.194.890.000	146.547.637.080
MT. Galunggung	273.803.166.000	262.235.901.600

Dalam analisis ini penambahan alat *ballast water treatment* di kapal tidak mempengaruhi *cargo handling* namun ketika menggunakan fasilitas di pelabuhan, biaya *cargo handling* menurun dikarenakan jumlah muatan yang bisa diangkut oleh kapal akan menurun setiap tahunnya. Hal ini disebabkan ketika kapal menggunakan fasilitas pelabuhan, waktu pelabuhan nya meningkat sehingga berdampak pada frekuensi kapal tiap tahunnya.

5.4.4 Biaya Operasional Kapal

Komponen perhitungan untuk biaya operasional kapal dapat dilihat di persamaan 2.3, ketika kapal memasang alat *ballast water treatment* yang berpengaruh pada biaya operasional adalah biaya setiap kapal melakukan perawatan dan perbaikan, penambahan sistem ini membutuhkan perawatan dan perbaikan sesuai dengan *timeline* yang dianjurkan oleh produsen. Berikut perhitungan biaya operasional kapal.

Tabel 5.19 Biaya Operasional Kapal

Biaya Operasional Kapal (Rp)			
Kapal	Tanpa invest alat (<i>Reception Facility</i>)	Direct Flow – Side Stream Electrolysis	UV
M. T. Kamojang	7.265.093.005	7.313.994.015	7.306.470.783
M. T. Sinar Jogya	8.475.960.327	8.524.861.337	8.517.338.104
M. T. Senipah	9.122.901.500	9.171.802.510	9.164.279.278
M.T. Gunung Geulis	9.205.768.403	9.254.669.413	9.247.146.180
M. T. Galunggung	13.372.485.711	13.421.386.722	13.413.863.489

Biaya operasional akan meningkat setelah kapal melakukan investasi dan pemasangan alat *ballast water treatment* dan jenis alat yang paling memberi dampak tinggi pada biaya operasional adalah *ballast water treatment* dengan jenis *electrolysis* baik jenis *direct flow* ataupun *side stream*, pada sistem elektrolisis biaya perawatan lebih tinggi karena ada beberapa hal penting seperti melakukan pengecatan pada tanki balas secara rutin untuk mengurangi potensi korosi di dalam tanki.

5.4.5 Biaya Total Transportasi

Total cost untuk biaya transportasi laut adalah penjumlahan dari seluruh komponen biaya seperti pada persamaan 2.7. Biaya total ini nantinya akan digunakan dalam menghitung biaya per unit dari pengiriman minyak mentah ke Singapura dan Hong Kong. Berikut rekapitulasi total biaya transportasi tiap kapal.

Tabel 5.20 Total Biaya Kapal

Total Biaya Kapal (Rp)					
Kapal	Tanpa invest alat	Direct Flow Analysis	Side Stream Electrolysis	UV	Reception Facility
M. T. Kamojang	67.798.391.941	69.575.926.803	69.294.034.853	69.114.571.186	68.008.536.400
M. T. Sinar Jogya	109.507.857.734	111.355.013.711	111.058.055.357	111.050.364.038	108.283.265.730
M. T. Senipah	274.983.709.388	277.508.069.262	277.369.809.433	277.214.847.248	268.338.996.961
M.T. Gunung Geulis	231.923.455.567	234.545.145.717	234.248.181.823	247.382.209.986	229.680.196.924
M. T. Galunggung	334.750.146.895	337.416.779.966	337.150.174.506	336.720.939.170	324.010.305.890

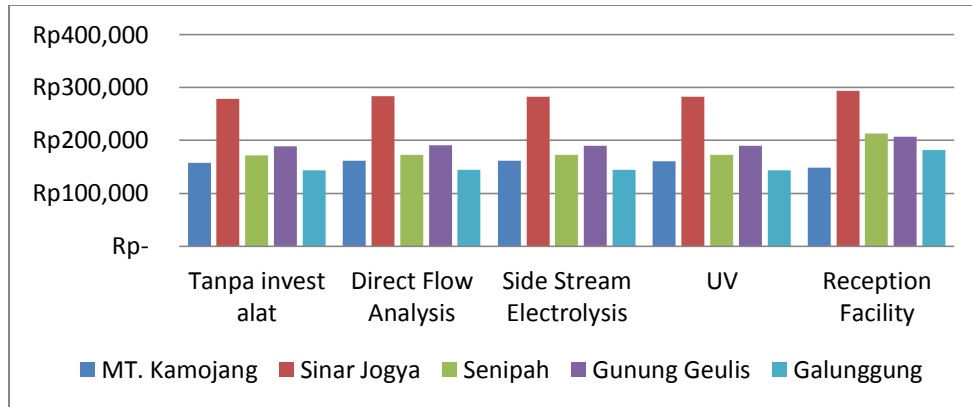
Total biaya rata-rata meningkat ketika melakukan investasi alat *ballast water treatment* namun tidak pada penggunaan fasilitas di pelabuhan, hal ini dikarenakan ketika kapal menggunakan fasilitas pelabuhan, frekuensi kapal berkurang sehingga dampak total biaya juga ikut berkurang. Penggunaan fasilitas di pelabuhan akan berpengaruh pada biaya pelabuhan kapal, karena kapal menambah waktu sandar ketika melakukan penanganan air balas menggunakan *mobile unit ballast water treatment*.

5.4.6 Biaya per Unit/Unit Cost

Biaya per unit adalah biaya yang dikeluarkan oleh sebuah perusahaan dalam memproduksi sebuah barang atau jasa nya. Biaya ini termasuk semua biaya yang dikeluarkan, saat melakukan pengiriman minyak mentah ke berbagai negara di Asia seperti Singapura dan Hong Kong. Untuk mendapatkan biaya per unit, peneliti menjumlahkan semua total biaya pengiriman dan dibagi dengan satuan kuantitas minyak mentah yang dikirim. Rumus perhitungan biaya per unit yaitu mengikuti persamaan 2.8

Tabel 5.21 Biaya per unit (ton)

Biaya per unit (Rp per ton)					
Kapal	Tanpa invest alat	Direct Flow Analysis	Side Stream Electrolysis	UV	Reception Facility
M. T. Kamojang	156.411	160.511	159.861	159.447	148.638
M. T. Sinar Jogya	278.584	283.283	282.527	282.508	293.833
M. T. Senipah	171.193	172.764	172.678	172.582	213.141
M.T. Gunung Geulis	181.876	183.932	183.700	193.999	200.130
M. T. Galunggung	143.044	144.183	144.069	143.886	181.721



Gambar 5.8 Rekapitulasi biaya per unit

Dapat diketahui bahwa biaya per unit tertinggi yaitu Kapal M. T. Sinar Jogya ketika menggunakan fasilitas di pelabuhan, hal ini dikarenakan kapal M. T. Sinar Jogya dengan rute Cilacap – Hong Kong hanya memiliki frekuensi pelayaran per tahun sebanyak 15 kali yang berkaitan dengan total muatan yang bisa dibawa oleh kapal tersebut, sehingga biaya per ton nya meningkat dari Rp 278.584/ton dengan keadaan kapal sebelum investasi alat *ballast water treatment* menjadi Rp 293.833/ton. Seperti pada Gambar 5.8 diketahui bahwa pada kapal M. T. Kamojang memiliki *unit cost* terendah ketika menggunakan fasilitas di pelabuhan. Hal ini karena penggunaan fasilitas di pelabuhan memiliki kapasitas lebih besar daripada kapasitas pompa air balas yang dimiliki oleh kapal itu sendiri.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Peraturan pemerintah Republik Indonesia terkait manajemen penanganan air ballas terdapat pada **UU No. 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran** pada pasal 229, **PP No. 21 Tahun 2010 tentang Perlindungan Lingkungan Maritim** dan **PM No. 29 Tahun 2014 tentang Pencegahan Pencemaran Lingkungan Maritim**
2. Dengan pertimbangan teknis dan lingkungan pemilihan metode *ballast water treatment* melalui aspek dimensi alat adalah dengan metode UV karena memiliki dimensi yang lebih kecil dengan *flow rate* yang sama. Dengan aspek daya adalah metode *Direct flow electrolysis* karena memiliki daya yang lebih rendah daripada kedua metode lainnya sedangkan aspek lingkungan keduanya memiliki dampak berbeda namun UV tidak memiliki dampak pada lingkungan laut.
3. Dari analisis dapat diketahui dampak pemilihan penanganan air balas di kapal terhadap *unit cost* pada kapal 6500 DWT – 110.000 DWT meningkat sekitar 0,8%-3% dengan penambahan alat *direct flow electrolysis*, peningkatan sekitar 0,7%-2% dengan alat *side stream electrolysis* dan yang terendah 0,6%-1,9% dengan menggunakan metode UV
4. Biaya angkut yang dihasilkan jika menggunakan fasilitas *ballast water treatment* pada pelabuhan adalah sebagai berikut :
 - **Kapal 6.500 DWT** biaya angkutnya adalah Rp 167.662 per ton
 - **Kapal 17.000 DWT** biaya angkutnya adalah Rp 293.833 per ton
 - **Kapal 29.000 DWT** biaya angkutnya adalah Rp 213.141 per ton
 - **Kapal 88.000 DWT** biaya angkutnya adalah Rp 181.721 per ton
 - **Kapal 110.000 DWT** biaya angkutnya adalah Rp 200.130 per ton
5. Metode penanganan air balas dengan biaya angkut terendah pada tiap kapal adalah :
 - **Kapal 6.500 DWT** dengan metode fasilitas pelabuhan
 - **Kapal 17.000 DWT** dengan metode UV
 - **Kapal 29.000 DWT** dengan metode UV
 - **Kapal 88.000 DWT** dengan metode UV
 - **Kapal 110.000 DWT** dengan metode UV

6.2 Saran

Saran untuk studi lebih lanjut terkait Tugas Akhir adalah :

1. Untuk memperhatikan umur kapal yang akan di-*retrofit*.
2. Menambahkan sampel kapal yang akan menggunakan fasilitas manajemen air balas, menyesuaikan dengan trafik kapal yang ada di suatu pelabuhan atau terminal.
3. Mempertimbangkan ketersediaan listrik yang ada di kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- (n.d.). Retrieved July 09, 2017, from Indonesia Investment: <https://www.indonesia-investments.com/id/bisnis/komoditas/minyak-bumi/item267?>
- Arif, M. S., Kurniawati, H. A., & Misbah, M. N. (2016). Analisa Teknis dan Ekonomis Pemilihan Manajemen Air Ballas pada Kapal (Ship Ballast Water Management) di Indonesia.
- Bacher, H., & Albrecht, P. (2013). Evaluating the costs arising from new maritime environmental regulations.
- Consultant, K. (2016). *Shore-Based BWT and Storage*. Sacramento: Delta Stewardship Council.
- Danish Shipowners' Association, M. D. (2012). Ballast Water Treatment in Ports. Feasibility Study.
- Jaehoon Jee, S. L. (2017). Comparative Feasibility Study on Retrofitting Ballast Water Treatment Systems for a Bulk Carrier.
- Lawrence A., K. (2012). Onshore Ballast Water Treatment Stations: a Harbour specific vector management propositions.
- M. King, D., & T. Hagan, P. (2009). Preliminary Cost Analysis of Ballast Water Treatment System. *Maritime Environmental Resources Center*.
- M. King, D., & T. Hagan, P. (2013). Economic and Logistical Feasibility of Port based Ballast Water Treatment. A case study at the Port of Baltimore. *Maritime Environmental Resources Center*.
- M. King, D., & T. Hagan, P. (2013). Economics of Barge based Ballast Water Treatment. *Maritime Environmental Resources Center*.
- Pelorus. (2017). The Application of the AHP-TOPSIS for Evaluating Ballast Water Treatment Systems by Ship Operators. *Elsevier - Transport Research*, 1-3.

- Pp, S., & A, B. (2015). A comparison of six different ballast water treatment systems based on UV radiation, electrochlorination and chlorine dioxide.
- PT Pelabuhan Indonesia II (Persero). (2014). *Laporan Tahunan 2014: Committed to Progress*. Jakarta: PT Pelabuhan Indonesia II (Persero).
- Rajoo Balaji, O. B. (2011). Emerging Ballast Water Treatment Technologies : A Review.
- Scneekluth, H., & V., B. (1998). *Ship Design Efficiency and Economy. Second Edition*. Oxford, UK: Butterworth Heinemann.
- Stopford, M. (2014). *Maritime Economics*.
- Werschkun, B. (2014). Emerging Risks from Ballast Water Treatment: The run-up to the International Ballast Water Management Convention.
- Wijnolst, N., & Wergeland, T. (1997). *Shipping*. Netherlands: Delft University.
- World Wild Life. (2015, April 23). *World Wild Life*. Retrieved July 20, 2017, from http://www.wwf.or.id/tentang_wwf/upaya_kami/marine/?uNewsID=38703
- Y. H. V. Lun, K. H. (2010). *Shipping and Logistics Management*. Springer.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Biaya Kapital Kapal

Lampiran 1.1 Biaya Kapital Kapal M.T. Sinar Jogya

Lampiran 1.2 Biaya Kapital Kapal M.T Kamojang

Lampiran 1.3 Biaya Kapital Kapal M.T. Senipah

Lampiran 1.4 Biaya Kapital Kapal M.T Galunggung

Lampiran 1.5 Biaya Kapital M.T Gunung Geulis

Lampiran 1.6 Angsuran Kapal

Lampiran 2. Biaya Kapital Alat *Ballast Water Treatment* tiap kapal

Lampiran 3. Biaya Operasional Alat *Ballast Water Treatment* tiap kapal

Lampiran 4. Biaya Maintenance Alat *Ballast Water Treatment*

Lampiran 5. Biaya Kapital *Ballast Water Treatment* di Pelabuhan

Lampiran 6. Biaya Operasional dan Tarif *Ballast Water Treatment* di Pelabuhan

Lampiran 7. Biaya Perjalanan (*voyage cost*) tiap kapal

Lampiran 8. Biaya Operasional tiap kapal

Lampiran 9. Biaya Bongkar Muat Tiap Kapal

Lampiran 10. Biaya per unit pengiriman minyak mentah tiap kapal

Lampiran 1.1 Biaya Kapital Kapal Sinar Jogya

Ukuran Utama		
Lpp	153	m
B	27	m
H	11,7	m
T	7	m
Vs	11	knot
Vs (Ballast)	13	knot
DWT	17726	ton
Payload	24.568	ton
GT	13960	ton
NT	4277	ton
Kapasitas Tanki Ballast	10636	m3
Pompa Ballast	500	m/jam

Spesifikasi Mesin		
Main Engine	Yichang MAN B&W	
Tipe	7S35MC	
Power	4900	KW
	6570,998	BHP
	170	Rpm
Fuel Oil Consumption	177	g/kwh
SLOC	1	g/Kwh
Berat ME	26	ton
Aux. Engine		
Jumlah	3	unit
Power	550	KW
	737,561	Hp
Fuel Oil Consumption	187	g/kwh
SLOC	1	g/kwh
Berat AE	15	ton

BERAT MESIN

Input Data :

D =	4,050	m	
n =	110		
Z =	4	buah	
AE/AO =	0,40		
P _D =	2694	kW	(Delivery Power at Propeller)
P _B =	4900	kW	(Brake Horse Power)

PERHITUNGAN :

Main Engine

We	=	Berat Mesin Induk	
	=	26	ton

Auxiliary Engine

Wae	=	Berat Mesin Genset	
	=	45	ton

Gearbox

W _{gear}	=	(0.34 ~ 0.4)	ton
	=	16,5	ton

Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 175

Shafting

<i>ds</i>	=	Diameter Poros Propeller	
	=	11.5	
	=	33,4	cm
<i>l</i>	=	Panjang Poros Propeller	
	=	2,13 m untuk area di ceruk buritan	
	=	1,8 m untuk area gangway	
	=	3,93	m

	=	Berat poros / panjang poros	
	=	0.081	
	=	0,7	ton/m
M	=	Berat Poros Propeller	
	=		
	=	2,7	Ton
Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 175			
Propeller			
K	=	Koefisien Fixed Propeller	
	=	$(ds/D) \cdot (1.85 \cdot AE/AO) - (z-2)/100$	
	=	0,041	
Wprop	=	Berat Propeler	
	=	$D^3 \cdot K$	
	=	2,73	t/m ³
Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 175-176			
Electrical Units			
Wagg		0.001P (15 + 0.014P)	; P=Pb
P = PB			
	=	409,6	Ton
Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 176			
Other Weight			
Wot	=	0,04-0,07 P	
	=	343	Ton
Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 177			
Weight Total	We + Wae + Wgear + M + Wprop + Wagg + Wot		
	=	845,53	Ton

BERAT BAJA			
Input Data :			
L	=	153,00	m
H	=	11,70	m
B	=	27,00	m
T	=	7,00	m
Fn	=	0,33	m
CSO GC	=	0,0752	
CKG GC	=	0.52 – 0.54	

Perhitungan :

Volume Superstructure (V_A)

1. Volume Forecastle (V_{FC})

Panjang Forecastle (ℓ_{FC})	=	$10,5\% \cdot L_{pp}$	
	=		16,07 m
Lebar Forecastle (b_{FC})	=	selebar kapal	
	=		27,00 m
Tinggi Forecastle (t_{FC})	=		2,5 m
Volume Forecastle (V_{FC})	=	$0.5 \cdot \ell_{FC} \cdot b_{FC} \cdot t_{FC}$	
	=		542,19 m ³

2. Volume Poop (V_{PO})

Panjang Poop (ℓ_{PO})	=	$17,2\% \cdot L_{pp}$	
	=		26,32 m
Lebar Poop (b_{PO})	=	selebar kapal	
	=		27,00 m
Tinggi Poop (t_{PO})	=		2,5 m
Volume Poop (V_{PO})	=	$\ell_{PO} \cdot b_{PO} \cdot t_{PO}$	
	=		1776,33 m ³

Volume Superstructure (V_A)

=	$V_{FC} + V_{PO}$	
=		2318,52

Volume Deck House (V_{DH})

1. Volume Layer 2 (V_{DH2})

Panjang Layer 2 (ℓ_{DH2})	=	$16,1\% \cdot L$	
	=		24,6 m
Lebar Layer 2 (b_{DH2})	=	B - 4	
	=		23,00 m
Tinggi Layer 2 (t_{DH2})	=		2,5 m
Volume Layer 2 (V_{DH2})	=	$\ell_{DH2} \cdot b_{DH2} \cdot t_{DH2}$	
	=		1416,40 m

2. Volume Layer 3 (V_{DH3})

$$\begin{aligned}\text{Panjang Layer 3 } (\ell_{DH3}) &= 11,5 \% \cdot L \\ &= 17,60 \text{ m} \\ \text{Lebar Layer 3 } (b_{DH3}) &= B - 4 \\ &= 23,00 \text{ m} \\ \text{Tinggi Layer 3 } (t_{DH3}) &= 2,5 \text{ m} \\ \text{Volume Layer 3 } (V_{DH3}) &= \ell_{DH3} \cdot b_{DH3} \cdot t_{DH3} \\ &= 1011,71 \text{ m}^3\end{aligned}$$

3. Volume Layer 4 (V_{DH4})

$$\begin{aligned}\text{Panjang Layer 4 } (\ell_{DH4}) &= 8,5 \% \cdot L \\ &= 13 \text{ m} \\ \text{Lebar Layer 4 } (b_{DH4}) &= B - 4 \\ &= 23,00 \text{ m} \\ \text{Tinggi Layer 4 } (t_{DH4}) &= 2,5 \text{ m} \\ \text{Volume Layer 4 } (V_{DH4}) &= \ell_{DH4} \cdot b_{DH4} \cdot t_{DH4} \\ &= 747,79 \text{ m}^3\end{aligned}$$

4. Volume Anjungan (V_{AN})

$$\begin{aligned}\text{Panjang Anjungan } (\ell_{AN}) &= 7 \% \cdot L \\ &= 10,7 \text{ m} \\ \text{Lebar Anjungan } (b_{AN}) &= B - 8 \\ &= 19,00 \text{ m} \\ \text{Tinggi Anjungan } (t_{AN}) &= 3 \text{ m} \\ \text{Volume Anjungan } (V_{AN}) &= \ell_{AN} \cdot b_{AN} \cdot t_{AN} \\ &= 508,725 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Volume Deck House (VDH)

$$\begin{aligned}&= V_{DH2} + V_{DH3} + V_{DH4} + V_{AN} \\ &= 3684,62 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Berat Baja (W_{ST})			
DA	=	Tinggi Kapal Setelah Dikoreksi dengan Superstructure dan DH	
	=	$H + (VA + VDH) / (LPP \cdot B)$	
	=	13,15	
C_{SO}	=	0,0752	
Disp.	=	Berat Kapal	
	=	26201,69 ton	
U	=	$\log[A/100]$	
	=	2,42	
C_S	=	$CSO + 0.06 \cdot e^{-(0.5 \cdot U + 0.1 \cdot U^{2.45})}$	
	=	0,04	
Total Berat Baja			
W_{ST}	=	$L_{pp} \cdot B \cdot DA \cdot C_S$	
	=	2322,85 ton	

PERALATAN & PERLENGKAPAN			
Grup III (Accommodation)			
The specific volumetric and unit area weights are:			
For small and medium sized cargo ships :	160 – 170	kg/m ²	
For large cargo ships, large tankers, etc :	180 – 200	kg/m ²	
Therefore, for oat, it is used :	200	kg/m ²	
<div> <div> • POOP <div> $L_{poop} = 26,32$ m $B_{poop} = 27,00$ m $A_{poop} = 710,53$ m² $W_{poop} = 142,11$ ton </div> </div> <div> • FORECASTLE <div> $L_{forecastle} = 16,07$ m $B_{forecastle} = 27,00$ m $A_{forecastle} = 433,76$ m² $W_{forecastle} = 86,75$ ton </div> </div> </div>			
<div> <div> • DECKHOUSE <div> Layer II <div> $L_{DH II} = 24,63$ m $B_{DH II} = 23,00$ m $A_{DH II} = 566,56$ m² $W_{DH II} = 113,31$ ton </div> </div> <div> Layer IV <div> $L_{DH IV} = 13,01$ m $B_{DH IV} = 23,00$ m $A_{DH IV} = 299,12$ m² $W_{DH IV} = 59,82$ ton </div> </div> <div> $W_{Group} = 445,44$ ton </div> </div> </div> <div> <div> Layer III <div> $L_{DH III} = 17,60$ m $B_{DH III} = 23,00$ m $A_{DH III} = 404,69$ m² $W_{DH III} = 80,94$ ton </div> </div> <div> Wheel House <div> $L_{WH} = 10,71$ m $B_{WH} = 23,00$ m $A_{WH} = 246,33$ m² $W_{WH} = 49,27$ ton </div> </div> </div>			
Grup IV (Miscellaneous)			
$C = (0.18 \text{ ton} / \text{m}^2 < C < 0.26 \text{ ton} / \text{m}^2)$ $= 0,26 \text{ [ton/m}^2\text{]}$ $W_{Group IV} = (L \cdot B \cdot D)^{2/3} \cdot C$ $= 344,99 \text{ [ton]}$			
Equipment and Outfitting Total Weight $= 790,43 \text{ [ton]}$			

CAPITAL COST				
Perhitungan Harga Kapal				
Input Data				
$W_{ST(ton)}$	=	2322,85	kurs	13500
$W_{E\&O(ton)}$	=	790,430		
$W_{ME(ton)}$	=	845,531		
Harga Baja	=	\$ 1.100,00		
Perhitungan Biaya				
1. Structural Cost				
P_{ST}	=	$W_{ST} \cdot \text{Harga Baja}$		
	=	\$ 464.570,65		
2. Outfit Cost				
$P_{E\&O}$	=	$W_{E\&O} \cdot C_{E\&O}$		
	=	\$ 158.085,92		
3. Machinery Cost				
P_{ME}	=	$W_{ME} \cdot C_{ME}$		
	=	\$ 169.106,29		
4. Non-weight Cost				
C_{NW}	=	10%		
P_{NW}	=	$C_{NW} \cdot (P_{ST} + P_{E\&O} + P_{ME})$		
	=	\$ 79.176,29		
Biaya	=	$P_{ST} + P_{E\&O} + P_{ME} + P_{NW}$		
	=	\$ 870.939,14		
Perhitungan Harga				
1. Keuntungan =				
	=	5% · Biaya		
	=	\$ 43.546,96		
2. Inflasi =				
	=	2% · Biaya		
	=	\$ 17.418,78		
3. Pajak =				
	=	-9% · Biaya		
	=	\$ (78.384,52)		
Harga	=	Biaya + Keuntungan + Inflasi + Pajak		
	=	\$ 853.520,36		
	=	Rp 11.522.524.868		
depresiasi	=	Rp 384.084.162		

Lampiran 1.2 Biaya Kapital M.T. Kamojang

Ukuran Utama		
Lpp	102	m
B	19,2	m
H	8	m
T	6	m
Vs	10	knot
Vs (Ballast)	12	knot
DWT	6500	ton
Payload	8.027	ton
GT	5570	ton
NT	1765	ton
Kapasitas Tanki Ballast	3484,57	m3
Pompa Ballast	150	m3/jam

Spesifikasi Mesin		
Main Engine	Wartsila 61.32	
Tipe	PAAE077136	
Power	2798	KW
	3752	BHP
	750	Rpm
SFOC	196	g/Kwh
SLOC	0,8	g/Kwh
Berat ME	25	ton
Aux. Engine	Yanmar 6NY6LSN	
Jumlah	3	unit
Power	1301	KW
	1744	Hp
SFOC	173	g/Kwh
SLOC	1	g/kwh
Berat AE	15	ton

BERAT MESIN			
Input Data :			
D =	4,050	m	
n =	110		
Z =	4	buah	
AE/AO =	0,40		
P _D =	2694	kW	(Delivery Power at Propeller)
P _B =	4900	kW	(Brake Horse Power)

PERHITUNGAN :			
Main Engine			
We	=	Berat Mesin Induk	
	=	25	ton
Auxiliary Engine			
Wae	=	Berat Mesin Genset	
	=	45	ton
Gearbox			
Wgear	=	(0.34 ~ 0.4)	ton
	=	16,5	ton
Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 175			
Shafting			
ds	=	Diameter Poros Propeller	
	=	11.5	
	=	33,4	cm
l	=	Panjang Poros Propeller	
	=	2,13 m untuk area di ceruk buritan	
	=	1,8 m untuk area gangway	
	=	3,93	m

	=	Berat poros / panjang poros	
	=	0.081	
	=	0,7	ton/m
M	=	Berat Poros Propeller	
	=		
	=	2,7	Ton
Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 175			
Propeller			
K	=	Koefisien Fixed Propeller	
	=	$(ds/D) \cdot (1.85 \cdot AE/AO) - ((z-2)/100)$	
	=	0,041	
Wprop	=	Berat Propeler	
	=	$D^3 \cdot K$	
	=	2,73	t/m ³
Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 175-176			
Electrical Units			
Wagg		$0.001P (15 + 0.014P)$; P=Pb
P = PB			
	=	409,6	Ton
Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 176			
Other Weight			
Wot	=	$0,04-0,07 P$	
	=	343	Ton
Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 177			
Weight Total	We + Wae + Wgear + M + Wprop + Wagg + Wot		
	=	844,53	Ton

BERAT BAJA			
Input Data :			
L	=	102,00	m
H	=	8,00	m
B	=	19,20	m
T	=	6,00	m
Fn	=	0,37	m
CSO GC	=	0,0752	
CKG GC	=	0.52 – 0.54	

PERHITUNGAN :			
Volume Superstructure (V_A)			
1. Volume Forecastle (V_{FC})			
Panjang Forecastle (ℓ_{FC})	=	$10,5\% \cdot L_{pp}$	
	=		10,71 m
Lebar Forecastle (b_{FC})	=	selebar kapal	
	=		19,20 m
Tinggi Forecastle (t_{FC})	=		2,5 m
Volume Forecastle (V_{FC})	=	$0.5 \cdot \ell_{FC} \cdot b_{FC} \cdot t_{FC}$	
	=		257,04 m ³
2. Volume Poop (V_{PO})			
Panjang Poop (ℓ_{PO})	=	$17,2\% \cdot L_{pp}$	
	=		17,54 m
Lebar Poop (b_{PO})	=	selebar kapal	
	=		19,20 m
Tinggi Poop (t_{PO})	=		2,5 m
Volume Poop (V_{PO})	=	$\ell_{PO} \cdot b_{PO} \cdot t_{PO}$	
	=		842,11 m ³
Volume Superstructure (V_A)	=	$V_{FC} + V_{PO}$	
	=		1099,15
Volume Deck House (V_{DH})			
1. Volume Layer 2 (V_{DH2})			
Panjang Layer 2 (ℓ_{DH2})	=	$16,1\% \cdot L$	
	=		16,4 m
Lebar Layer 2 (b_{DH2})	=	B - 4	
	=		15,20 m
Tinggi Layer 2 (t_{DH2})	=		2,5 m
Volume Layer 2 (V_{DH2})	=	$\ell_{DH2} \cdot b_{DH2} \cdot t_{DH2}$	
	=		624,04 m ³

2. Volume Layer 3 (V_{DH3})

Panjang Layer 3 (ℓ_{DH3})	=	$11,5 \% \cdot L$	
	=	11,73	m
Lebar Layer 3 (b_{DH3})	=	$B - 4$	
	=	15,20	m
Tinggi Layer 3 (t_{DH3})	=		2,5 m
Volume Layer 3 (V_{DH3})	=	$\ell_{DH3} \cdot b_{DH3} \cdot T_{DH3}$	
	=		445,74 m ³

3. Volume Layer 4 (V_{DH4})

Panjang Layer 4 (ℓ_{DH4})	=	$8,5 \% \cdot L$	
	=	9	m
Lebar Layer 4 (b_{DH4})	=	$B - 4$	
	=		15,20 m
Tinggi Layer 4 (t_{DH4})	=		2,5 m
Volume Layer 4 (V_{DH4})	=	$\ell_{DH4} \cdot b_{DH4} \cdot t_{DH4}$	
	=		329,46 m ³

4. Volume Anjungan (V_{AN})

Panjang Anjungan (ℓ_{AN})	=	$7 \% \cdot L$	
	=		7,1 m
Lebar Anjungan (b_{AN})	=	$B - 8$	
	=		11,20 m
Tinggi Anjungan (t_{AN})	=		3 m
Volume Anjungan (V_{AN})	=	$\ell_{AN} \cdot b_{AN} \cdot t_{AN}$	
	=		199,92 m ³

Volume Deck House (VDH)

=	$V_{DH2} + V_{DH3} + V_{DH4} + V_{AN}$	
=	1599,16	m ³

Berat Baja (W_{ST})

$$\begin{aligned} DA &= \text{Tinggi Kapal Setelah Dikoreksi dengan Superstructure dan DH} \\ &= H + (VA + VDH) / (LPP \cdot B) \\ &= 9,38 \end{aligned}$$

$$C_{SO} = 0,0752$$

$$\begin{aligned} \text{Disp.} &= \text{Berat Kapal} \\ &= 10647,04 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U &= \log \left[\frac{A}{100} \right] \\ &= 2,03 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_S &= CSO + 0.06 \cdot e^{-(0.5 \cdot U + 0.1 \cdot U^{2.45})} \\ &= 0,04 \end{aligned}$$

Total Berat Baja

$$\begin{aligned} W_{ST} &= L_{pp} \cdot B \cdot DA \cdot C_S \\ &= 703,47 \text{ ton} \end{aligned}$$

PERALATAN & PERLENGKAPAN

Grup III (Accommodation)

The specific volumetric and unit area weights are:

For small and medium sized cargo ships :	160 – 170	kg/m ²
For large cargo ships, large tankers, etc :	180 – 200	kg/m ²
Therefore, for oat, it is used :	200	kg/m ²

• POOP

$L_{\text{poop}} =$	17,54	m
$B_{\text{poop}} =$	19,20	m
$A_{\text{poop}} =$	336,84	m ²
$W_{\text{poop}} =$	67,37	ton

• FORECASTLE

$L_{\text{forecastle}} =$	10,71	m
$B_{\text{forecastle}} =$	19,20	m
$A_{\text{forecastle}} =$	205,63	m ²
$W_{\text{forecastle}} =$	41,13	ton

• DECKHOUSE

Layer II

$L_{\text{DH II}} =$	16,42	m
$B_{\text{DH II}} =$	15,20	m
$A_{\text{DH II}} =$	249,61	m ²
$W_{\text{DH II}} =$	49,92	ton

Layer III

$L_{\text{DH III}} =$	11,73	m
$B_{\text{DH III}} =$	15,20	m
$A_{\text{DH III}} =$	178,30	m ²
$W_{\text{DH III}} =$	35,66	ton

Layer IV

$L_{\text{DH IV}} =$	8,67	m
$B_{\text{DH IV}} =$	15,20	m
$A_{\text{DH IV}} =$	131,78	m ²
$W_{\text{DH IV}} =$	26,36	ton

Wheel House

$L_{\text{WH}} =$	7,14	m
$B_{\text{WH}} =$	15,20	m
$A_{\text{WH}} =$	108,53	m ²
$W_{\text{WH}} =$	21,71	ton

W_{Group}	201,01	ton
--------------------	--------	-----

Grup IV (Miscellaneous)

$$C = (0.18 \text{ ton} / \text{m}^2 < C < 0.26 \text{ ton} / \text{m}^2 \\ = 0,26 \text{ [ton/m}^2\text{]})$$

$$W_{\text{Group IV}} = (L \cdot B \cdot D)^{2/3} \cdot C \\ = 162,79 \text{ [ton]}$$

Equipment and Outfitting Total Weight

$$= 363,81 \text{ [ton]}$$

CAPITAL COST			
Perhitungan Harga Kapal			
Input Data			
$W_{ST(ton)}$	=		703,47
$W_{E\&O(ton)}$	=		363,806
$W_{ME(ton)}$	=		844,531
Harga Baja	=	\$	1.100,00
Perhitungan Biaya			
1. Structural Cost			
P_{ST}	=	$W_{ST} \cdot \text{Harga Baja}$	
	=	\$	140.694,21
2. Outfit Cost			
$P_{E\&O}$	=	$W_{E\&O} \cdot C_{E\&O}$	
	=	\$	72.761,18
3. Machinery Cost			
P_{ME}	=	$W_{ME} \cdot C_{ME}$	
	=	\$	168.906,29
4. Non-weight Cost			
C_{NW}	=		10%
P_{NW}	=	$C_{NW} \cdot (P_{ST} + P_{E\&O} + P_{ME})$	
	=	\$	38.236,17
Biaya	=	$P_{ST} + P_{E\&O} + P_{ME} + P_{NW}$	
	=	\$	420.597,84
Perhitungan Harga			
1. Keuntungan			
	=	$5\% \cdot \text{Biaya}$	
	=	\$	21.029,89
2. Inflasi			
	=	$2\% \cdot \text{Biaya}$	
	=	\$	8.411,96
3. Pajak			
	=	$-9\% \cdot \text{Biaya}$	
	=	\$	(37.853,81)
Harga			
	=	$\text{Biaya} + \text{Keuntungan} + \text{Inflasi} + \text{Pajak}$	
	=	\$	412.185,89
	=	Rp	5.564.509.454
	=	Rp	185.483.648

Lampiran 1.3 M.T. Senipah

Ukuran Utama		
Lpp	173	m
B	30,5	m
H	15,9	m
T	9	m
Vs	12	knot
Vs (Ballast)	14	knot
DWT	29.760	ton
Payload	43.413	ton
GT	24167	ton
NT	7253	ton
Kapasitas Tanki Ballast	18220	m3
Pompa Ballast	650	m3/jam

Spesifikasi Mesin		
Main Engine	Man B&W	
Tipe	6S42MC7	
Power	6480	KW
	8689,8096	BHP
	136	Rpm
SFOC	179	g/Kwh
SLOC	1	g/Kwh
Berat ME	141	ton
Aux. Engine	Anqing-Daihatsu	
Jumlah	3	unit
Power	1300	KW
	1743,326	Hp
SFOC	200	g/Kwh
SLOC	1	g/kwh
Berat AE	18,5	ton

BERAT MESIN

Input Data :			
D =	4,050	m	
n =	110		
Z =	4	buah	
AE/AO =	0,40		
P _D =	2694	kW	(Delivery Power at Propeller)
P _B =	4900	kW	(Brake Horse Power)

PERHITUNGAN :			
Main Engine			
We	=	Berat Mesin Induk	
	=	141	ton
Auxiliary Engine			
Wae	=	Berat Mesin Genset	
	=	56	ton
Gearbox			
Wgear	=	(0.34 ~ 0.4)	ton
	=	16,5	ton
Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 175			
Shafting			
ds	=	Diameter Poros Propeller	
	=	11.5	
	=	33,4	cm
l	=	Panjang Poros Propeller	
	=	2,13 m untuk area di ceruk buritan	
	=	1,8 m untuk area gangway	
	=	3,93	m

	=	Berat poros / panjang poros	
	=	0.081	
	=	0,7	ton/m
M	=	Berat Poros Propeller	
	=		
	=	2,7	Ton
Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 175			
Propeller			
K	=	Koefisien Fixed Propeller	
	=	$(ds/D) \cdot (1.85 \cdot AE/AO) - ((z-2)/100)$	
	=	0,041	
Wprop	=	Berat Propeler	
	=	$D^3 \cdot K$	
	=	2,73	t/m ³
Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 175-176			
Electrical Units			
Wagg		0.001P (15 + 0.014P)	; P=PB
P = PB			
	=	409,6	Ton
Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 176			
Other Weight			
Wot	=	0,04-0,07 P	
	=	343	Ton
Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 177			
Weight Total	We + Wae + Wgear + M + Wprop + Wagg + Wot		
	=	971,03	Ton

BERAT BAJA

Input Data :			
L	=	173,00	m
H	=	15,90	m
B	=	30,50	m
T	=	9,00	m
Fn	=	0,33	m
CSO GC	=	0,0752	
CKG GC	=	0.52 – 0.54	

PERHITUNGAN :			
Volume Superstructure (V_A)			
1. Volume Forecastle (V_{FC})			
Panjang Forecastle (ℓ_{FC})	=	$10,5\% \cdot L_{pp}$	
	=		18,17 m
Lebar Forecastle (b_{FC})	=	selebar kapal	
	=		30,50 m
Tinggi Forecastle (t_{FC})	=		2,5 m
Volume Forecastle (V_{FC})	=	$0.5 \cdot \ell_{FC} \cdot b_{FC} \cdot t_{FC}$	
	=		692,54 m ³
2. Volume Poop (V_{PO})			
Panjang Poop (ℓ_{PO})	=	$17,2\% \cdot L_{pp}$	
	=		29,76 m
Lebar Poop (b_{PO})	=	selebar kapal	
	=		30,50 m
Tinggi Poop (t_{PO})	=		2,5 m
Volume Poop (V_{PO})	=	$\ell_{PO} \cdot b_{PO} \cdot t_{PO}$	
	=		2268,90 m ³
Volume Superstructure (V_A)	=	$V_{FC} + V_{PO}$	
	=		2961,44
Volume Deck House (V_{DH})			
1. Volume Layer 2 (V_{DH2})			
Panjang Layer 2 (ℓ_{DH2})	=	$16,1\% \cdot L$	
	=		27,9 m
Lebar Layer 2 (b_{DH2})	=	$B - 4$	
	=		26,50 m
Tinggi Layer 2 (t_{DH2})	=		2,5 m
Volume Layer 2 (V_{DH2})	=	$\ell_{DH2} \cdot b_{DH2} \cdot t_{DH2}$	
	=		1845,26 m

2. Volume Layer 3 (V_{DH3})

$$\begin{aligned}\text{Panjang Layer 3 } (\ell_{DH3}) &= 11,5 \% \cdot L \\ &= 19,90 \quad \text{m} \\ \text{Lebar Layer 3 } (b_{DH3}) &= B - 4 \\ &= 26,50 \quad \text{m} \\ \text{Tinggi Layer 3 } (t_{DH3}) &= 2,5 \quad \text{m} \\ \text{Volume Layer 3 } (V_{DH3}) &= \ell_{DH3} \cdot b_{DH3} \cdot T_{DH3} \\ &= 1318,04 \text{ m}^3\end{aligned}$$

3. Volume Layer 4 (V_{DH4})

$$\begin{aligned}\text{Panjang Layer 4 } (\ell_{DH4}) &= 8,5 \% \cdot L \\ &= 15 \quad \text{m} \\ \text{Lebar Layer 4 } (b_{DH4}) &= B - 4 \\ &= 26,50 \text{ m} \\ \text{Tinggi Layer 4 } (t_{DH4}) &= 2,5 \text{ m} \\ \text{Volume Layer 4 } (V_{DH4}) &= \ell_{DH4} \cdot b_{DH4} \cdot t_{DH4} \\ &= 974,21 \text{ m}^3\end{aligned}$$

4. Volume Anjungan (V_{AN})

$$\begin{aligned}\text{Panjang Anjungan } (\ell_{AN}) &= 7 \% \cdot L \\ &= 12,1 \text{ m} \\ \text{Lebar Anjungan } (b_{AN}) &= B - 8 \\ &= 22,50 \text{ m} \\ \text{Tinggi Anjungan } (t_{AN}) &= 3 \text{ m} \\ \text{Volume Anjungan } (V_{AN}) &= \ell_{AN} \cdot b_{AN} \cdot t_{AN} \\ &= 681,1875 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Volume Deck House (V_{DH})

$$\begin{aligned}&= V_{DH2} + V_{DH3} + V_{DH4} + V_{AN} \\ &= 4818,70 \quad \text{m}^3\end{aligned}$$

Berat Baja (W_{ST})

$$\begin{aligned} DA &= \text{Tinggi Kapal Setelah Dikoreksi dengan Super} \\ &= H + (VA + VDH) / (LPP \cdot B) \\ &= 17,37 \end{aligned}$$

$$C_{SO} = 0,0752$$

$$\begin{aligned} \text{Disp.} &= \text{Berat Kapal} \\ &= 43029,33 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U &= \log \left[\frac{A}{100} \right] \\ &= 2,63 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_S &= CSO + 0.06 \cdot e^{-(0.5 \cdot U + 0.1 \cdot U^{2.45})} \\ &= 0,05 \end{aligned}$$

Total Berat Baja

$$\begin{aligned} W_{ST} &= L_{PP} \cdot B \cdot DA \cdot C_S \\ &= 4308,17 \text{ ton} \end{aligned}$$

PERALATAN & PERLENGKAPAN

Grup III (Accommodation)

The specific volumetric and unit area weights are:

For small and medium sized cargo ships :	160 – 170	kg/m ²
For large cargo ships, large tankers, etc :	180 – 200	kg/m ²
Therefore, for oat, it is used :	200	kg/m ²

• POOP

L_{poop} =	29,76	m
B_{poop} =	30,50	m
A_{poop} =	907,56	m ²
W_{poop} =	181,51	ton

• FORECASTLE

$L_{\text{forecastle}}$ =	18,17	m
$B_{\text{forecastle}}$ =	30,50	m
$A_{\text{forecastle}}$ =	554,03	m ²
$W_{\text{forecastle}}$ =	110,81	ton

• DECKHOUSE

Layer II

$L_{\text{DH II}}$ =	27,85	m
$B_{\text{DH II}}$ =	26,50	m
$A_{\text{DH II}}$ =	738,10	m ²
$W_{\text{DH II}}$ =	147,62	ton

Layer III

$L_{\text{DH III}}$ =	19,90	m
$B_{\text{DH III}}$ =	26,50	m
$A_{\text{DH III}}$ =	527,22	m ²
$W_{\text{DH III}}$ =	105,44	ton

Layer IV

$L_{\text{DH IV}}$ =	14,71	m
$B_{\text{DH IV}}$ =	26,50	m
$A_{\text{DH IV}}$ =	389,68	m ²
$W_{\text{DH IV}}$ =	77,94	ton

Wheel House

L_{WH} =	12,11	m
B_{WH} =	26,50	m
A_{WH} =	320,92	m ²
W_{WH} =	64,18	ton

W_{Group}	576,70	ton
--------------------	--------	-----

Grup IV (Miscellaneous)

$$C = (0.18 \text{ ton} / \text{m}^2 < C < 0.26 \text{ ton} / \text{m}^2 \\ = 0,26 \text{ [ton/m}^2\text{]})$$

$$W_{\text{Group IV}} = (L * B * D)^{2/3} * C \\ = 498,27 \text{ [ton]}$$

Equipment and Outfitting Total Weight

$$= 1074,97 \text{ [ton]}$$

CAPITAL COST

Perhitungan Harga Kapal

Input Data

$W_{ST(ton)}$	=	4308,17
$W_{E\&O(ton)}$	=	1074,970
$W_{ME(ton)}$	=	971,031
Harga Baja	= \$	1.100,00

Perhitungan Biaya

1. Structural Cost

P_{ST}	=	$W_{ST} \cdot \text{Harga Baja}$
	=	\$ 861.633,80

2. Outfit Cost

$P_{E\&O}$	=	$W_{E\&O} \cdot C_{E\&O}$
	=	\$ 214.994,01

3. Machinery Cost

P_{ME}	=	$W_{ME} \cdot C_{ME}$
	=	\$ 194.206,29

4. Non-weight Cost

C_{NW}	=	10%
P_{NW}	=	$C_{NW} \cdot (P_{ST} + P_{E\&O} + P_{ME})$
	=	\$ 127.083,41

Biaya	=	$P_{ST} + P_{E\&O} + P_{ME} + P_{NW}$
	=	\$ 1.397.917,51

Perhitungan Harga

1. Keuntungan	=	5% · Biaya
	=	\$ 69.895,88
2. Inflasi	=	2% · Biaya
	=	\$ 27.958,35
3. Pajak	=	-9% · Biaya
	=	\$ (125.812,58)

Harga	=	Biaya + Keuntungan + Inflasi + Pajak
	=	\$ 1.369.959,16
	=	Rp 18.494.448.679
	=	Rp 616.481.623

Lampiran 1.4 Biaya Kapital Galunggung

Ukuran Utama		
Lpp	244,5	m
B	44	m
H	21,5	m
T	12,7	m
Vs	12	knot
Vs (Ballast)	14	knot
DWT	88.312	ton
Payload	111.438	ton
GT	63005	ton
NT	24134	ton
Kapasitas Tanki Ballast	43363	m3
Pompa Ballast	1500	m3/jam

Spesifikasi Mesin		
Main Engine	QMD-WARTSILA 7RT-FLEX 58T-B	
Tipe		
Power	15260	KW
	20463,9652	BHP
	105	Rpm
SFOC	151	g/Kwh
SLOC	1	g/Kwh
Berat ME	71	ton
Aux. Engine	ZHENJIANG CHINA MARINE-XIANDAI GENERATING CO., LTD.	
Jumlah	3	unit
Power	900	KW
	1206,918	Hp
SFOC	181	g/Kwh
SLOC	1	g/kwh
Berat AE	20	ton

BERAT MESIN

Input Data :			
D =	4,050	m	
n =	110		
Z =	4	buah	
AE/AO =	0,40		
P _D =	2694	kW	(Delivery Power at Propeller)
P _B =	4900	kW	(Brake Horse Power)

PERHITUNGAN :			
Main Engine			
We	=	Berat Mesin Induk	
	=	71	ton
Auxiliary Engine			
Wae	=	Berat Mesin Genset	
	=	60	ton
Gearbox			
Wgear	=	(0.34 ~ 0.4)	ton
	=	16,5	ton
Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 175			
Shafting			
ds	=	Diameter Poros Propeller	
	=	11.5	
	=	33,4	cm
l	=	Panjang Poros Propeller	
	=	2,13 m untuk area di ceruk buritan	
	=	1,8 m untuk area gangway	
	=	3,93	m

	=	Berat poros / panjang poros	
	=	0.081	
	=	0,7	ton/m
M	=	Berat Poros Propeller	
	=		
	=	2,7	Ton
Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 175			
Propeller			
K	=	Koefisien Fixed Propeller	
	=	$(ds/D) \cdot (1.85 \cdot AE/AO) - ((z-2)/100)$	
	=	0,041	
Wprop	=	Berat Propeler	
	=	$D^3 \cdot K$	
	=	2,73	t/m ³
Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 175-176			
Electrical Units			
Wagg		0.001P (15 + 0.014P)	; P=Pb
P = PB			
	=	409,6	Ton
Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 176			
Other Weight			
Wot	=	0,04-0,07 P	
	=	343	Ton
Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 177			
Weight Total	We + Wae + Wgear + M + Wprop + Wagg + Wot		
	=	905,53	Ton

BERAT BAJA

Input Data :				
L	=	244,50	m	
H	=	21,50	m	
B	=	44,00	m	
T	=	12,70	m	
Fn	=	0,28	m	
CSO GC	=	0,0752		
CKG GC	=	0.52 – 0.54		

PERHITUNGAN :

Volume Superstructure (V_A)

1. Volume Forecastle (V_{FC})

$$\begin{aligned}\text{Panjang Forecastle } (\ell_{FC}) &= 10,5\% \cdot L_{pp} \\ &= 25,67 \text{ m} \\ \text{Lebar Forecastle } (b_{FC}) &= \text{selebar kapal} \\ &= 44,00 \text{ m} \\ \text{Tinggi Forecastle } (t_{FC}) &= 2,5 \text{ m} \\ \text{Volume Forecastle } (V_{FC}) &= 0.5 \cdot \ell_{FC} \cdot b_{FC} \cdot t_{FC} \\ &= 1411,99 \text{ m}^3\end{aligned}$$

2. Volume Poop (V_{PO})

$$\begin{aligned}\text{Panjang Poop } (\ell_{PO}) &= 17,2\% \cdot L_{pp} \\ &= 42,05 \text{ m} \\ \text{Lebar Poop } (b_{PO}) &= \text{selebar kapal} \\ &= 44,00 \text{ m} \\ \text{Tinggi Poop } (t_{PO}) &= 2,5 \text{ m} \\ \text{Volume Poop } (V_{PO}) &= \ell_{PO} \cdot b_{PO} \cdot t_{PO} \\ &= 4625,94 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Superstructure } (V_A) &= V_{FC} + V_{PO} \\ &= 6037,93\end{aligned}$$

Volume Deck House (V_{DH})

1. Volume Layer 2 (V_{DH2})

$$\begin{aligned}\text{Panjang Layer 2 } (\ell_{DH2}) &= 16,1\% \cdot L \\ &= 39,4 \text{ m} \\ \text{Lebar Layer 2 } (b_{DH2}) &= B - 4 \\ &= 40,00 \text{ m} \\ \text{Tinggi Layer 2 } (t_{DH2}) &= 2,5 \text{ m} \\ \text{Volume Layer 2 } (V_{DH2}) &= \ell_{DH2} \cdot b_{DH2} \cdot t_{DH2} \\ &= 3936,45 \text{ m}^3\end{aligned}$$

2. Volume Layer 3 (V_{DH3})

$$\begin{aligned}\text{Panjang Layer 3 } (\ell_{DH3}) &= 11,5 \% \cdot L \\ &= 28,12 \quad \text{m} \\ \text{Lebar Layer 3 } (b_{DH3}) &= B - 4 \\ &= 40,00 \quad \text{m} \\ \text{Tinggi Layer 3 } (t_{DH3}) &= 2,5 \quad \text{m} \\ \text{Volume Layer 3 } (V_{DH3}) &= \ell_{DH3} \cdot b_{DH3} \cdot T_{DH3} \\ &= 2811,75 \text{ m}^3\end{aligned}$$

3. Volume Layer 4 (V_{DH4})

$$\begin{aligned}\text{Panjang Layer 4 } (\ell_{DH4}) &= 8,5 \% \cdot L \\ &= 21 \quad \text{m} \\ \text{Lebar Layer 4 } (b_{DH4}) &= B - 4 \\ &= 40,00 \text{ m} \\ \text{Tinggi Layer 4 } (t_{DH4}) &= 2,5 \text{ m} \\ \text{Volume Layer 4 } (V_{DH4}) &= \ell_{DH4} \cdot b_{DH4} \cdot t_{DH4} \\ &= 2078,25 \text{ m}^3\end{aligned}$$

4. Volume Anjungan (V_{AN})

$$\begin{aligned}\text{Panjang Anjungan } (\ell_{AN}) &= 7 \% \cdot L \\ &= 17,1 \text{ m} \\ \text{Lebar Anjungan } (b_{AN}) &= B - 8 \\ &= 36,00 \text{ m} \\ \text{Tinggi Anjungan } (t_{AN}) &= 3 \text{ m} \\ \text{Volume Anjungan } (V_{AN}) &= \ell_{AN} \cdot b_{AN} \cdot t_{AN} \\ &= 1540,35 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Volume Deck House (V_{DH})

$$\begin{aligned}&= V_{DH2} + V_{DH3} + V_{DH4} + V_{AN} \\ &= 10366,80 \quad \text{m}^3\end{aligned}$$

Berat Baja (W_{ST})

$$\begin{aligned} DA &= \text{Tinggi Kapal Setelah Dikoreksi dengan Superstuck} \\ &= H + (VA + VDH) / (LPP \cdot B) \\ &= 23,02 \end{aligned}$$

$$C_{SO} = 0,0752$$

$$\begin{aligned} \text{Disp.} &= \text{Berat Kapal} \\ &= 123797,36 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U &= \log \left[\frac{A}{100} \right] \\ &= 3,09 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_S &= C_{SO} + 0.06 \cdot e^{-(0.5 \cdot U + 0.1 \cdot U^{2.45})} \\ &= 0,06 \end{aligned}$$

Total Berat Baja

$$\begin{aligned} W_{ST} &= L_{PP} \cdot B \cdot DA \cdot C_S \\ &= 15521,38 \text{ ton} \end{aligned}$$

PERALATAN & PERLENGKAPAN

Grup III (Accommodation)

The specific volumetric and unit area weights are:

For small and medium sized cargo ships :	160 – 170	kg/m ²
For large cargo ships, large tankers, etc :	180 – 200	kg/m ²
Therefore, for oat, it is used :	200	kg/m ²

• POOP

$$\begin{aligned}L_{\text{poop}} &= 42,05 \text{ m} \\B_{\text{poop}} &= 44,00 \text{ m} \\A_{\text{poop}} &= 1850,38 \text{ m}^2 \\W_{\text{poop}} &= 370,08 \text{ ton}\end{aligned}$$

• FORECASTLE

$$\begin{aligned}L_{\text{forecastle}} &= 25,67 \text{ m} \\B_{\text{forecastle}} &= 44,00 \text{ m} \\A_{\text{forecastle}} &= 1129,59 \text{ m}^2 \\W_{\text{forecastle}} &= 225,92 \text{ ton}\end{aligned}$$

• DECKHOUSE

Layer II

$$\begin{aligned}L_{\text{DH II}} &= 39,36 \text{ m} \\B_{\text{DH II}} &= 40,00 \text{ m} \\A_{\text{DH II}} &= 1574,58 \text{ m}^2 \\W_{\text{DH II}} &= 314,92 \text{ ton}\end{aligned}$$

Layer III

$$\begin{aligned}L_{\text{DH III}} &= 28,12 \text{ m} \\B_{\text{DH III}} &= 40,00 \text{ m} \\A_{\text{DH III}} &= 1124,70 \text{ m}^2 \\W_{\text{DH III}} &= 224,94 \text{ ton}\end{aligned}$$

Layer IV

$$\begin{aligned}L_{\text{DH IV}} &= 20,78 \text{ m} \\B_{\text{DH IV}} &= 40,00 \text{ m} \\A_{\text{DH IV}} &= 831,30 \text{ m}^2 \\W_{\text{DH IV}} &= 166,26 \text{ ton}\end{aligned}$$

Wheel House

$$\begin{aligned}L_{\text{WH}} &= 17,12 \text{ m} \\B_{\text{WH}} &= 40,00 \text{ m} \\A_{\text{WH}} &= 684,60 \text{ m}^2 \\W_{\text{WH}} &= 136,92 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$W_{\text{Group I}} = 1213,11 \text{ ton}$$

Grup IV (Miscellaneous)

$$\begin{aligned}C &= (0.18 \text{ ton} / \text{m}^2 < C < 0.26 \text{ ton} / \text{m}^2 \\&= 0,26 [\text{ton}/\text{m}^2]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_{\text{Group IV}} &= (L * B * D)^{2/3} * C \\&= 979,69 [\text{ton}]\end{aligned}$$

Equipment and Outfitting Total Weight

$$= 2192,80 [\text{ton}]$$

CAPITAL COST

Perhitungan Harga Kapal

Input Data

$W_{ST(ton)}$	=	15521,38
$W_{E\&O(ton)}$	=	2192,797
$W_{ME(ton)}$	=	905,531
Harga Baja	=	\$ 1.100,00

Perhitungan Biaya

1. Structural Cost

P_{ST}	=	$W_{ST} \cdot \text{Harga Baja}$
	=	\$ 3.104.276,89

2. Outfit Cost

$P_{E\&O}$	=	$W_{E\&O} \cdot C_{E\&O}$
	=	\$ 438.559,34

3. Machinery Cost

P_{ME}	=	$W_{ME} \cdot C_{ME}$
	=	\$ 181.106,29

4. Non-weight Cost

C_{NW}	=	10%
P_{NW}	=	$C_{NW} \cdot (P_{ST} + P_{E\&O} + P_{ME})$
	=	\$ 372.394,25

Biaya	=	$P_{ST} + P_{E\&O} + P_{ME} + P_{NW}$
	=	\$ 4.096.336,76

Perhitungan Harga

1. Keuntungan	=	5% · Biaya
	=	\$ 204.816,84
2. Inflasi	=	2% · Biaya
	=	\$ 81.926,74
3. Pajak	=	-9% · Biaya
	=	\$ (368.670,31)

Harga	=	Biaya + Keuntungan + Inflasi + Pajak
	=	\$ 4.014.410,03
	=	Rp 54.194.535.397
	=	Rp 1.806.484.513

Lampiran 1.5 Biaya Kapital Kapal Gunung Geulis

Ukuran Utama		
Lpp	237	m
B	42	m
H	21,3	m
T	14,5	m
Vs	12	knot
Vs (Ballast)	15	knot
DWT	110.424	ton
Payload	127.517	ton
GT	60379	ton
NT		ton
Kapasitas Tanki Ballast	42017	m3
Pompa Ballast	1800	m3/jam

Spesifikasi Mesin		
Main Engine	Mitsui Man B&W	
Tipe	6s60mc	
Power	13560	KW
	18184,2312	BHP
	105	Rpm
Fuel Oil Consumption	151	g/Kwh
SLOC	1	g/Kwh
Berat ME	358	ton
Aux. Engine		
Jumlah	3	unit
Power	650	KW
	871,663	Hp
Fuel Oil Consumption	181	g/Kwh
SLOC	1	g/kwh
Berat AE	11,3	ton

BERAT MESIN

Input Data :			
D =	4,050	m	
n =	110		
Z =	4	buah	
AE/AO =	0,40		
P _D =	2694	kW	(Delivery Power at Propeller)
P _B =	4900	kW	(Brake Horse Power)

PERHITUNGAN :**Main Engine**

$$\begin{aligned}
 W_e &= \text{Berat Mesin Induk} \\
 &= 358 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Auxiliary Engine

$$\begin{aligned}
 W_{ae} &= \text{Berat Mesin Genset} \\
 &= 34 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Gearbox

$$\begin{aligned}
 W_{\text{gear}} &= (0.34 \sim 0.4) \text{ ton} \\
 &= 16,5 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 175

Shafting

$$\begin{aligned}
 d_s &= \text{Diameter Poros Propeller} \\
 &= 11.5 \\
 &= 33,4 \text{ cm} \\
 l &= \text{Panjang Poros Propeller} \\
 &= 2,13 \text{ m untuk area di ceruk buritan} \\
 &= 1,8 \text{ m untuk area gangway} \\
 &= 3,93 \text{ m}
 \end{aligned}$$

	=	Berat poros / panjang poros	
	=	0.081	
	=	0,7	ton/m
M	=	Berat Poros Propeller	
	=		
	=	2,7	Ton
Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 175			
Propeller			
K	=	Koefisien Fixed Propeller	
	=	$(ds/D) \cdot (1.85 \cdot AE/AO) - ((z-2)/100)$	
	=	0,041	
Wprop	=	Berat Propeler	
	=	$D^3 \cdot K$	
	=	2,73	t/m ³
Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 175-176			
Electrical Units			
Wagg		0.001P (15 + 0.014P)	; P=Pb
P = Pb			
	=	409,6	Ton
Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 176			
Other Weight			
Wot	=	0,04-0,07 P	
	=	343	Ton
Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 177			
Weight Total	We + Wae + Wgear + M + Wprop + Wagg + Wot		
	=	1166,43	Ton

BERAT BAJA

Input Data :			
L	=	237,00	m
H	=	21,30	m
B	=	42,00	m
T	=	14,50	m
Fn	=	0,31	m
CSO GC	=	0,0752	
CKG GC	=	0.52 – 0.54	

PERHITUNGAN :**Volume Superstructure (V_A)****1. Volume Forecastle (V_{FC})**

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Forecastle } (\ell_{FC}) &= 10,5\% \cdot L_{pp} \\
 &= 24,89 \text{ m} \\
 \text{Lebar Forecastle } (b_{FC}) &= \text{selebar kapal} \\
 &= 42,00 \text{ m} \\
 \text{Tinggi Forecastle } (t_{FC}) &= 2,5 \text{ m} \\
 \text{Volume Forecastle } (V_{FC}) &= 0.5 \cdot \ell_{FC} \cdot b_{FC} \cdot t_{FC} \\
 &= 1306,46 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

2. Volume Poop (V_{PO})

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Poop } (\ell_{PO}) &= 17,2\% \cdot L_{pp} \\
 &= 40,76 \text{ m} \\
 \text{Lebar Poop } (b_{PO}) &= \text{selebar kapal} \\
 &= 42,00 \text{ m} \\
 \text{Tinggi Poop } (t_{PO}) &= 2,5 \text{ m} \\
 \text{Volume Poop } (V_{PO}) &= \ell_{PO} \cdot b_{PO} \cdot t_{PO} \\
 &= 4280,22 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Volume Superstructure (V_A)

$$\begin{aligned}
 &= V_{FC} + V_{PO} \\
 &= 5586,68
 \end{aligned}$$

Volume Deck House (V_{DH})**1. Volume Layer 2 (V_{DH2})**

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Layer 2 } (\ell_{DH2}) &= 16,1\% \cdot L \\
 &= 38,2 \text{ m} \\
 \text{Lebar Layer 2 } (b_{DH2}) &= B - 4 \\
 &= 38,00 \text{ m} \\
 \text{Tinggi Layer 2 } (t_{DH2}) &= 2,5 \text{ m} \\
 \text{Volume Layer 2 } (V_{DH2}) &= \ell_{DH2} \cdot b_{DH2} \cdot t_{DH2} \\
 &= 3624,92 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

2. Volume Layer 3 (V_{DH3})

Panjang Layer 3 (ℓ_{DH3})	=	$11,5 \% \cdot L$	
	=	27,26	m
Lebar Layer 3 (b_{DH3})	=	$B - 4$	
	=	38,00	m
Tinggi Layer 3 (t_{DH3})	=		2,5 m
Volume Layer 3 (V_{DH3})	=	$\ell_{DH3} \cdot b_{DH3} \cdot t_{DH3}$	
	=		2589,23 m ³

3. Volume Layer 4 (V_{DH4})

Panjang Layer 4 (ℓ_{DH4})	=	$8,5 \% \cdot L$	
	=	20	m
Lebar Layer 4 (b_{DH4})	=	$B - 4$	
	=		38,00 m
Tinggi Layer 4 (t_{DH4})	=		2,5 m
Volume Layer 4 (V_{DH4})	=	$\ell_{DH4} \cdot b_{DH4} \cdot t_{DH4}$	
	=		1913,78 m ³

4. Volume Anjungan (V_{AN})

Panjang Anjungan (ℓ_{AN})	=	$7 \% \cdot L$	
	=		16,6 m
Lebar Anjungan (b_{AN})	=	$B - 8$	
	=		34,00 m
Tinggi Anjungan (t_{AN})	=		3 m
Volume Anjungan (V_{AN})	=	$\ell_{AN} \cdot b_{AN} \cdot t_{AN}$	
	=		1410,15 m ³

Volume Deck House (V_{DH})

	=	$V_{DH2} + V_{DH3} + V_{DH4} + V_{AN}$	
	=	9538,07	m ³

2. Volume Layer 3 (V_{DH3})

$$\begin{aligned}\text{Panjang Layer 3 } (l_{DH3}) &= 11,5 \% \cdot L \\ &= 27,26 \quad \text{m} \\ \text{Lebar Layer 3 } (b_{DH3}) &= B - 4 \\ &= 38,00 \quad \text{m} \\ \text{Tinggi Layer 3 } (t_{DH3}) &= 2,5 \quad \text{m} \\ \text{Volume Layer 3 } (V_{DH3}) &= l_{DH3} \cdot b_{DH3} \cdot t_{DH3} \\ &= 2589,23 \quad \text{m}^3\end{aligned}$$

3. Volume Layer 4 (V_{DH4})

$$\begin{aligned}\text{Panjang Layer 4 } (l_{DH4}) &= 8,5 \% \cdot L \\ &= 20 \quad \text{m} \\ \text{Lebar Layer 4 } (b_{DH4}) &= B - 4 \\ &= 38,00 \quad \text{m} \\ \text{Tinggi Layer 4 } (t_{DH4}) &= 2,5 \quad \text{m} \\ \text{Volume Layer 4 } (V_{DH4}) &= l_{DH4} \cdot b_{DH4} \cdot t_{DH4} \\ &= 1913,78 \quad \text{m}^3\end{aligned}$$

4. Volume Anjungan (V_{AN})

$$\begin{aligned}\text{Panjang Anjungan } (l_{AN}) &= 7 \% \cdot L \\ &= 16,6 \quad \text{m} \\ \text{Lebar Anjungan } (b_{AN}) &= B - 8 \\ &= 34,00 \quad \text{m} \\ \text{Tinggi Anjungan } (t_{AN}) &= 3 \quad \text{m} \\ \text{Volume Anjungan } (V_{AN}) &= l_{AN} \cdot b_{AN} \cdot t_{AN} \\ &= 1410,15 \quad \text{m}^3\end{aligned}$$

Volume Deck House (V_{DH})

$$\begin{aligned}&= V_{DH2} + V_{DH3} + V_{DH4} + V_{AN} \\ &= 9538,07 \quad \text{m}^3\end{aligned}$$

Berat Baja (W_{ST})

$$\begin{aligned} DA &= \text{Tinggi Kapal Setelah Dikoreksi dengan Superstructure dan} \\ &= H + (VA + VDH) / (LPP \cdot B) \\ &= 22,82 \end{aligned}$$

$$C_{SO} = 0,0752$$

$$\begin{aligned} \text{Disp.} &= \text{Berat Kapal} \\ &= 130780,13 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U &= \log \left[\frac{A}{100} \right] \\ &= 3,12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_S &= CSO + 0,06 \cdot e^{-(0,5 \cdot U + 0,1 \cdot U^{2,45})} \\ &= 0,06 \end{aligned}$$

Total Berat Baja

$$\begin{aligned} W_{ST} &= L_{PP} \cdot B \cdot DA \cdot C_S \\ &= 14495,61 \text{ ton} \end{aligned}$$

PERALATAN & PERLENGKAPAN

Grup III (Accommodation)

The specific volumetric and unit area weights are:

For small and medium sized cargo ships :	160 – 170	kg/m ²
For large cargo ships, large tankers, etc :	180 – 200	kg/m ²
Therefore, for oat, it is used :	200	kg/m ²

• POOP

L _{poop} =	40,76	m
B _{poop} =	42,00	m
A _{poop} =	1712,09	m ²
W _{poop} =	342,42	ton

• FORECASTLE

L _{forecastle} =	24,89	m
B _{forecastle} =	42,00	m
A _{forecastle} =	1045,17	m ²
W _{forecastle} =	209,03	ton

• DECKHOUSE

Layer II

L _{DH II} =	38,16	m
B _{DH II} =	38,00	m
A _{DH II} =	1449,97	m ²
W _{DH II} =	289,99	ton

Layer III

L _{DH III} =	27,26	m
B _{DH III} =	38,00	m
A _{DH III} =	1035,69	m ²
W _{DH III} =	207,14	ton

Layer IV

L _{DH IV} =	20,15	m
B _{DH IV} =	38,00	m
A _{DH IV} =	765,51	m ²
W _{DH IV} =	153,10	ton

Wheel House

L _{WH} =	16,59	m
B _{WH} =	38,00	m
A _{WH} =	630,42	m ²
W _{WH} =	126,08	ton

W _{Group}	1118,73	ton
--------------------	---------	-----

Grup IV (Miscellaneous)

$$C = (0.18 \text{ ton} / \text{m}^2 < C < 0.26 \text{ ton} / \text{m}^2 \\ = 0,26 [\text{ton}/\text{m}^2]$$

$$W_{\text{Group IV}} = (L*B*D)^{2/3} * C \\ = 924,47 [\text{ton}]$$

Equipment and Outfitting Total Weight

$$= 2043,20 [\text{ton}]$$

CAPITAL COST

Perhitungan Harga Kapal

Input Data

$W_{ST(ton)}$	=	14495,61
$W_{E\&O(ton)}$	=	2043,202
$W_{ME(ton)}$	=	1166,431
Harga Baja	= \$	1.100,00

Perhitungan Biaya

1. Structural Cost

P_{ST}	=	$W_{ST} \cdot \text{Harga Baja}$
	=	\$ 2.899.122,48

2. Outfit Cost

$P_{E\&O}$	=	$W_{E\&O} \cdot C_{E\&O}$
	=	\$ 408.640,40

3. Machinery Cost

P_{ME}	=	$W_{ME} \cdot C_{ME}$
	=	\$ 233.286,29

4. Non-weight Cost

C_{NW}	=	10%
P_{NW}	=	$C_{NW} \cdot (P_{ST} + P_{E\&O} + P_{ME})$
	=	\$ 354.104,92

Biaya	=	$P_{ST} + P_{E\&O} + P_{ME} + P_{NW}$
	=	\$ 3.895.154,09

Perhitungan Harga

1. Keuntungan	=	5% · Biaya
	=	\$ 194.757,70
2. Inflasi	=	2% · Biaya
	=	\$ 77.903,08
3. Pajak	=	-9% · Biaya
	=	\$ (350.563,87)

Harga	=	Biaya + Keuntungan + Inflasi + Pajak
	=	\$ 3.817.251,00
	=	Rp 51.532.888.567
	=	Rp 1.717.762.952

Lampiran 1.6 Angsuran Kapal

Investasi Kapal					
Tipe	MT Kamojang	Sinar Jogya	Senipah	Gunung Geulis	Galunggung
Harga alat	Rp 5.564.509.454,12	Rp 11.522.524.867,99	Rp 18.494.448.679,18	Rp 51.532.888.566,54	Rp 54.194.535.397,38
Pinjaman	Rp 4.451.607.563,30	Rp 9.218.019.894,39	Rp 14.795.558.943,35	Rp 41.226.310.853,23	Rp 43.355.628.317,90
Uang sendiri	Rp 1.112.901.890,82	Rp 2.304.504.973,60	Rp 3.698.889.735,84	Rp 10.306.577.713,31	Rp 10.838.907.079,48
Bunga pinjaman (%)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Masa Pinjaman (tenor)	10	10	10	10	10
Grace Period	0	0	0	0	0
Pembayaran per Tahun	1	1	1	1	1
Angsuran per Tahun	Rp 724.478.630,75	Rp 1.500.190.288	Rp 2.407.909.082,74	Rp 6.709.392.239,36	Rp 7.055.928.850,98
Umur ekonomis (tahun)	30	30	30	30	30
Nilai Akhir Kapal	Rp 556.450.945,41	Rp 1.152.252.487	Rp 1.849.444.867,92	Rp 5.153.288.856,65	Rp 5.419.453.539,74
Depresiasi	Rp 166.935.283,62	Rp 345.675.746,04	Rp 554.833.460,38	Rp 1.545.986.657,00	Rp 1.625.836.061,92

Lampiran 2. Biaya Kapital Alat *Ballast Water Treatment* tiap kapal

MT Kamojang			
Ballast Water Treatment System			
Tipe	Direct Flow Electrolysis	Side-stream Electrolysis	UV
Kapasitas (ton/jam)	150	150	150
Total Berat (ton)		3,25	0,9
Weight Change (0,004%-0,012% DWT)			
Footprint (m2)	6	10,3	6,3
Power (Kw)	26	26	15
Pressure loss (bar)	0,5-1	0,3	0,4
Price	\$ 427.680,00	\$ 320.760,00	\$ 356.400,00

Biaya Perencanaan			
Layouting / 3D Scan	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00
Klasifikasi dan Administrasi	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00

Biaya Instalasi	Direct Flow Electrolysis	Side Stream Electrolysis	UV
	\$ 213.840,00	\$ 160.380,00	\$ 178.200,00
Biaya lainnya	\$ 62.694,00	\$ 62.694,00	\$ 39.366,00
Purchasing Support	\$ 1.458,00	\$ 1.458,00	\$ 1.458,00
Piping Installation	\$ 23.692,50	\$ 23.692,50	\$ 15.309,00
Electrical Installation	\$ 9.112,50	\$ 9.112,50	\$ 7.290,00
Steel Fabrication	\$ 18.589,50	\$ 18.589,50	\$ 8.383,50
QA/QC Costs	\$ 2.916,00	\$ 2.916,00	\$ 2.187,00
Supervisor Costs	\$ 1.822,50	\$ 1.822,50	\$ 1.822,50
Painting Costs	\$ 5.103,00	\$ 5.103,00	\$ 2.916,00

Investasi Alat			
Tipe	Direct Flow Electrolysis	Side-stream Electrolysis	UV
Biaya pengadaan	\$ 758.714,00	\$ 598.334,00	\$ 628.466,00
Pinjaman	\$ 606.971,20	\$ 478.667,20	\$ 502.772,80
Uang sendiri	\$ 151.742,80	\$ 119.666,80	\$ 125.693,20
Bunga pinjaman (%)	0,1	0,1	0,1
Masa Pinjaman (tenor)	10	10	10
Grace Period	0	0	0
Pembayaran per Tahun	1	1	1
Angsuran per Tahun	\$ 98.781,77	\$ 77.900,88	\$ 81.823,96
Umur ekonomis (tahun)	13	13	13
Nilai Akhir Alat Ballast Water Treatment	\$ 75.871,40	\$ 59.833,40	\$ 62.846,60
Depresiasi	\$ 52.526,35	\$ 41.423,12	\$ 43.509,18

Sinar Jogya			
Ballast Water Treatment System			
Tipe	Direct Flow Electrolysis	Side-stream Electrolysis	UV
Kapasitas (ton/jam)	500	500	500
Total Berat (ton)		3,8	1,68
Weight Change (0,004%-0,012% DWT)			
Footprint (m2)	6	11	6,3
Power (Kw)	26	44	50
Pressure loss (bar)	0,5-1	0,3	0,7
Price	\$ 534.600,00	\$ 400.950,00	\$ 445.500,00

Biaya Perencanaan			
Layouting / 3D Scan	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 50.000
Klasifikasi dan Administrasi	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00

Biaya Instalasi	Direct Flow Electrolysis	Side Stream Electrolysis	UV
	\$ 267.300,00	\$ 200.475,00	\$ 222.750,00
Biaya lainnya	\$ 69.660,00	\$ 69.660,00	\$ 43.740,00
Purchasing Support	\$ 1.620,00	\$ 1.620,00	\$ 1.620,00
Piping Installation	\$ 26.325,00	\$ 26.325,00	\$ 17.010,00
Electrical Installation	\$ 10.125,00	\$ 10.125,00	\$ 8.100,00
Steel Fabrication	\$ 20.655,00	\$ 20.655,00	\$ 9.315,00
QA/QC Costs	\$ 3.240,00	\$ 3.240,00	\$ 2.430,00
Supervisor Costs	\$ 2.025,00	\$ 2.025,00	\$ 2.025,00
Painting Costs	\$ 5.670,00	\$ 5.670,00	\$ 3.240,00

Investasi Alat			
Tipe	Direct Flow Electrolysis	Side-stream Electrolysis	UV
Biaya pengadaan	\$ 926.060,00	\$ 725.585,00	\$ 766.490,00
Pinjaman	\$ 740.848,00	\$ 580.468,00	\$ 613.192,00
Uang sendiri	\$ 185.212,00	\$ 145.117,00	\$ 153.298,00
Bunga pinjaman (%)	0,1	0,1	0,1
Masa Pinjaman (tenor)	10	10	10
Grace Period	0	0	0
Pembayaran per Tahun	1	1	1
Angsuran per Tahun	\$ 120.569,60	\$ 94.468,49	\$ 99.794,17
Umur ekonomis (tahun)	13	13	13
Nilai Akhir Alat Ballast Water Treatment	\$ 92.606,00	\$ 72.558,50	\$ 76.649,00
Depresiasi	\$ 64.111,85	\$ 50.232,81	\$ 53.064,69

Senipah			
Ballast Water Treatment System			
Tipe	Direct Flow Electrolysis	Side-stream Electrolysis	UV
Kapasitas (ton/jam)	700	700	700
Total Berat (ton)	6,2	4,42	2
Weight Change (0,004%-0,012% DWT)			
Footprint (m2)	7,5	12,4	6,3
Power (Kw)	34	61	75
Pressure loss (bar)	0,5-1	0,3	0,7
Price	\$ 594.000,00	\$ 445.500,00	\$ 495.000,00

Biaya Perencanaan			
Layouting / 3D Scan	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 50.000
Klasifikasi dan Administrasi	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00

Biaya Instalasi	Direct Flow Electrolysis	Side Stream Electrolysis	UV
	\$ 297.000,00	\$ 222.750,00	\$ 247.500,00
Biaya lainnya	\$ 77.400,00	\$ 77.400,00	\$ 48.600,00
Purchasing Support	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00
Piping Installation	\$ 29.250,00	\$ 29.250,00	\$ 18.900,00
Electrical Installation	\$ 11.250,00	\$ 11.250,00	\$ 9.000,00
Steel Fabrication	\$ 22.950,00	\$ 22.950,00	\$ 10.350,00
QA/QC Costs	\$ 3.600,00	\$ 3.600,00	\$ 2.700,00
Supervisor Costs	\$ 2.250,00	\$ 2.250,00	\$ 2.250,00
Painting Costs	\$ 6.300,00	\$ 6.300,00	\$ 3.600,00

Investasi Alat			
Tipe	Direct Flow Electrolysis	Side-stream Electrolysis	UV
Biaya pengadaan	\$ 1.022.900,00	\$ 800.150,00	\$ 845.600,00
Pinjaman	\$ 818.320,00	\$ 640.120,00	\$ 676.480,00
Uang sendiri	\$ 204.580,00	\$ 160.030,00	\$ 169.120,00
Bunga pinjaman (%)	0,1	0,1	0,1
Masa Pinjaman (tenor)	10	10	10
Grace Period	0	0	0
Pembayaran per Tahun	1	1	1
Angsuran per Tahun	\$ 133.177,81	\$ 104.176,58	\$ 110.094,00
Umur ekonomis (tahun)	13	13	13
Nilai Akhir Alat Ballast Water Treatment	\$ 102.290,00	\$ 80.015,00	\$ 84.560,00
Depresiasi	\$ 70.816,15	\$ 55.395,00	\$ 58.541,54

Galunggung			
Ballast Water Treatment System			
Tipe	Direct Flow Electrolysis	Side-stream Electrolysis	UV
Kapasitas (ton/jam)	1500	1500	1500
Total Berat (ton)		8,41	5,7
Weight Change (0,004%-0,012% DWT)			
Footprint (m2)	12,3	15,3	6,3
Power (Kw)	64	123	114
Pressure loss (bar)	0,5-1	0,3	0,8
Price	\$ 660.000,00	\$ 495.000,00	\$ 550.000,00

Biaya Perencanaan			
Layouting / 3D Scan	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00
Klasifikasi dan Administrasi	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00

Biaya Instalasi	Direct Flow Electrolysis	Side Stream Electrolysis	UV
	\$ 330.000,00	\$ 247.500,00	\$ 275.000,00
Biaya lainnya	\$ 86.000,00	\$ 86.000,00	\$ 54.000,00
Purchasing Support	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
Piping Installation	\$ 32.500,00	\$ 32.500,00	\$ 21.000,00
Electrical Installation	\$ 12.500,00	\$ 12.500,00	\$ 10.000,00
Steel Fabrication	\$ 25.500,00	\$ 25.500,00	\$ 11.500,00
QA/QC Costs	\$ 4.000,00	\$ 4.000,00	\$ 3.000,00
Supervisor Costs	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00
Painting Costs	\$ 7.000,00	\$ 7.000,00	\$ 4.000,00

Investasi Alat			
Tipe	Direct Flow Electrolysis	Side-stream Electrolysis	UV
Biaya pengadaan	\$ 1.130.500,00	\$ 883.000,00	\$ 933.500,00
Pinjaman	\$ 904.400,00	\$ 706.400,00	\$ 746.800,00
Uang sendiri	\$ 226.100,00	\$ 176.600,00	\$ 186.700,00
Bunga pinjaman (%)	0,1	0,1	0,1
Masa Pinjaman (tenor)	10	10	10
Grace Period	0	0	0
Pembayaran per Tahun	1	1	1
Angsuran per Tahun	\$ 147.186,94	\$ 114.963,35	\$ 121.538,26
Umur ekonomis (tahun)	13	13	13
Nilai Akhir Alat Ballast Water Treatme	\$ 113.050,00	\$ 88.300,00	\$ 93.350,00
Depresiasi	\$ 78.265,38	\$ 61.130,77	\$ 64.626,92

Gunung Geulis			
Ballast Water Treatment System			
Tipe	Direct Flow Electrolysis	Side-stream Electrolysis	UV
Kapasitas (ton/jam)	2000	2000	2000
Total Berat (ton)	6,2	8,65	8
Weight Change (0,004%-0,012% DWT)			
Footprint (m2)	14	15,9	6,3
Power (Kw)	82	168	150
Pressure loss (bar)	0,5-1	0,3	0,9
Price	\$ 726.000,00	\$ 544.500,00	\$ 605.000,00

Biaya Perencanaan			
Layouting / 3D Scan	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 50.000
Klasifikasi dan Administrasi	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00

Biaya Instalasi	Direct Flow Electrolysis	Side Stream Electrolysis	UV
	\$ 363.000,00	\$ 272.250,00	\$ 302.500,00
Biaya lainnya	\$ 94.600,00	\$ 94.600,00	\$ 59.400,00
Purchasing Support	\$ 2.200,00	\$ 2.200,00	\$ 2.200,00
Piping Installation	\$ 35.750,00	\$ 35.750,00	\$ 23.100,00
Electrical Installation	\$ 13.750,00	\$ 13.750,00	\$ 11.000,00
Steel Fabrication	\$ 28.050,00	\$ 28.050,00	\$ 12.650,00
QA/QC Costs	\$ 4.400,00	\$ 4.400,00	\$ 3.300,00
Supervisor Costs	\$ 2.750,00	\$ 2.750,00	\$ 2.750,00
Painting Costs	\$ 7.700,00	\$ 7.700,00	\$ 4.400,00

Investasi Alat			
Tipe	Direct Flow Electrolysis	Side-stream Electrolysis	UV
Biaya pengadaan	\$ 1.238.100,00	\$ 965.850,00	\$ 1.021.400,00
Pinjaman	\$ 990.480,00	\$ 772.680,00	\$ 817.120,00
Uang sendiri	\$ 247.620,00	\$ 193.170,00	\$ 204.280,00
Bunga pinjaman (%)	0,1	0,1	0,1
Masa Pinjaman (tenor)	10	10	10
Grace Period	0	0	0
Pembayaran per Tahun	1	1	1
Angsuran per Tahun	\$ 161.196,06	\$ 125.750,11	\$ 132.982,52
Umur ekonomis (tahun)	13	13	13
Nilai Akhir Alat Ballast Water Treatment	\$ 123.810,00	\$ 96.585,00	\$ 102.140,00
Depresiasi	\$ 85.714,62	\$ 66.866,54	\$ 70.712,31

Lampiran 3. Biaya *Maintenance Ballast Water Treatment*

UV						
Time scale		Item	Man Hours			
1	Tahunan	Wiper/Quartz Seal Service	6	hours	\$ 2.000,00	crew cost
		Air filters				
		UV Sensor calibration			parts required	industrial assistance
3	Tahunan	UV lamp change	5	hours	\$ 5.000,00	\$ 1.000,00
5	Tahunan	Quartz Sleeve change	5	hours	\$ 3.500,00	\$ 1.000,00
total					\$ 12.500,00	per 9 tahun sekali
					\$ 1.388,89	per tahun
Side-stream Electrolysis						
Time scale		Item	Man Hours		parts required	industrial assistance
3	tahunan	Pump and blower maintanance	5	hours		Rp 4.000,00
5	Tahunan	electrode change			\$ 5.000,00	\$ 4.000,00
3	Tahunan	tank coating (mengurangi korosi)			\$ 7.000,00	\$ 1.500,00
total					Rp 21.500,00	per 11 tahun
					Rp 1.954,55	
Filter						
Time scale		Item	Man Hours		parts required	industrial assistance
1	tahunan	annual inspection	2			\$ 3.500,00
3	tahunan	seals and nozzle change	8		\$ 4.000,00	\$ 1.500,00
5	tahunan	main screen and drive replacement	12		\$ 5.000,00	\$ 1.500,00
total					\$ 15.500,00	per 9 tahun sekali
					\$ 1.722,22	

Lampiran 4. Biaya Operasional *Ballast Water Treatment*

UV	<i>per 1000 m3/h</i>	
	\$	
<i>Fuel Cost</i>	0,34	per KWh

Side Stream Electrolysis & Direct Flow		
Electrolysis	<i>per 1000 m3/h</i>	
	\$	
<i>Fuel Cost</i>	0,34	per KWh
	\$	per m3 treated
<i>Neutralization (Sodium Bisulphite)</i>	0,02	ballast
	\$	
	0,36	

Lampiran 5. Biaya Kapital *Ballast Water Treatment* di Pelabuhan

Capital Cost			
item	harga		
alat treatment (damen treatment unit)	DKK	2.400.000	Rp 4.936.800.000
Flatbed trailer	DKK	200.000	Rp 411.400.000
spare part, pipa, hoses, dll	DKK	150.000	Rp 308.550.000
Head truck	DKK	750.000	Rp 1.542.750.000
Generator set	DKK	200.000	Rp 411.400.000
container tank untuk lumpur/dll	DKK	50.000	Rp 102.850.000
Total	DKK	3.750.000	Rp 7.713.750.000

Angsuran per Tahun	
Tipe	Mobile unit BWT
Biaya pengadaan	Rp 7.713.750.000
Pinjaman	Rp 6.171.000.000
Uang sendiri	Rp 1.542.750.000
Bunga pinjaman (%)	0,1
Masa Pinjaman (tenor)	10
Grace Period	0
Pembayaran per Tahun	1
Angsuran per Tahun	Rp 1.004.301.832
Umur ekonomis (tahun)	13
Nilai Akhir Alat Ballast Water Treatment	Rp 771.375.000
Depresiasi	Rp 534.028.846

Lampiran 6. Biaya Operasional dan Tarif *Ballast Water Treatment* di Pelabuhan

Fixed Operating Cost		
item	biaya	
Administrasi dan gaji operator	Rp 7.000.000	Rp 168.000.000
Reparasi	10% harga alat	Rp 493.680.000
total per tahun		Rp 661.680.000

Variable Operating Cost				
item			biaya	
Power; 140 Kw	1,5	per KW	Rp 431.970	per treatment
Bahan Bakar	3	liter/km	Rp 50.850	per treatment
various (lubricating, minor maintenance)	15%	power	Rp 64.796	per treatment
Total			Rp 547.616	per treatment
			Rp 75.023.324	per tahun

Total Cost	
Capital cost	Rp 1.004.301.832
Operating Cost	
Fixed	Rp 661.680.000
Variable	Rp 75.023.324
Total	Rp 1.741.005.155

Unit cost	Rp 738	m3
margin profit	10%	
tarif untuk kapal	Rp 812	per m3

Lampiran 7. Biaya Perjalanan (*voyage cost*) tiap kapal

Rute kapal		Penggunaan port facility	
Pelabuhan Asal	Cilacap	cilacap	
Pelabuhan Tujuan	Hong Kong	hong kong	
Jarak Pelayaran	2459	2459	nm
Seatime			
Cilacap-Hong Kong	224	224	jam
Hong kong-Cilacap	190	190	jam
	18	18	hari
Port time			
Cilacap	45	81	jam
	2	4	hari
Hong Kong	45	45	jam
	2	2	hari
Round Trip Time	504	540	jam
	21	23	hari
Frekuensi	16	15	dalam setahun
Muatan kapal per tahun	393.088	368.520	ton

Fuel Cost (Sinar Jogya)

Main Engine	
SFR	0,000177 ton/kwh
MCR	4900 KW
Margin	10%
Wfo'	$SFR \cdot MCR \cdot S/V_S \cdot (1 + \text{Margin})$
	395 ton
Wfo	$(parametric\ ship\ design;\ chapter\ 11- pg\ 11-24)$
	$(W_{FO'} + 8\% \cdot W_{FO'}) / \pi$
	428 ton

Aux Engine	
SFR	0,000187 ton/KWh
MCR	550 KW
Margin	10%
Wfo'	$SFR \cdot MCR \cdot S / V_S \cdot (1 + \text{Margin})$
	58 ton
Wfo	$(\text{parametric ship design; chapter 11- pg 11-24})$ $(W_{FO'} + 8\% \cdot W_{FO'}) / \pi$
	63 ton

Port Cost (Sinar Jogya)

Pelabuhan Cilacap

Layanan Kapal	
Jasa labuh	GT x Tarif Labuh Rp 11.838.080 per tahun
Jasa Tambat	GT x Tarif Tambat Rp 13.401.600 per tahun
Jasa Pandu	(GT x Tarif Variabel) + (Tarif Tetap x 2) Rp 11.618.800 per tahun
Jasa Tunda	(GT x Tarif Variabel) + Tarif tetap Rp 29.693.440 per tahun
Total Biaya	Rp 66.551.920 per tahun

Hong Kong Oil Terminal http://www.mardep.gov.hk/en/pub_ser
<http://www.mtmm.com.hk/tariffs>

Layanan Kapal	
Pilotage	(GT X Tarif Variabel) + Tarif Tetap Rp 322.718.400 per tahun
Port Clearance	Rp 1.670.400 per tahun
Mooring	kapal x jam Rp 25.977.600 per tahun
Unmooring	kapal x jam Rp 25.977.600 per tahun
Tugage	Power Tug x geral; 2 gerakan (in-out) Rp 253.440.000 per tahun
Tug's Rowrope	per use ; 2 gerakan (in-out) Rp 12.096.000 per tahun
Berthing	Tarif x per 8 meter panjang kapal Rp 247.860.000 per tahun
Total Biaya	Rp 641.880.000 per tahun

Ballast Water Treatment cost

Ballast Water Treatment Cost	Metode		
	Direct Flow Electrolysis	Side stream Electrolysis	UV
Metode Treatment	Ballasting + Deballasting	Ballasting + Deballasting	Ballasting + Deballasting
Fuel Cost	\$ 188,04	\$ 318,23	\$ 361,62
Neutralizer/dll	\$ 212,72	\$ 212,72	
total per treatment	\$ 400,76	\$ 530,95	\$ 361,62
total per voyage	\$ 801,53	\$ 1.061,90	\$ 723,25
total per tahun	\$ 12.824,46	\$ 16.990,37	\$ 11.571,97
per m3	Rp 508,68	Rp 673,92	Rp 459,00

Rekapitulasi Voyage Cost per kapal

Biaya Voyage Kapal						
Kapal/Tipe Alat	Tanpa invest alat	Direct Flow Analysis	Side Stream Electrolysis	UV	Reception Facility	
MT. Kamojang	Rp 9.423.254.585	Rp 9.811.018.278	Rp 9.811.018.278	Rp 9.590.281.176	Rp 9.573.803.172	
Sinar Jogya	Rp 53.540.411.120	Rp 53.710.976.483	Rp 53.766.383.065	Rp 53.694.318.294	Rp 55.190.435.375	
Senipah	Rp 75.518.021.806	Rp 76.195.580.214	Rp 76.448.836.981	Rp 76.221.512.824	Rp 76.083.975.272	
Gunung Geulis	Rp 66.813.404.925	Rp 67.210.047.272	Rp 67.391.603.663	Rp 67.130.073.048	Rp 67.217.794.886	
Galunggung	Rp 40.518.566.333	Rp 41.178.712.156	Rp 41.340.680.419	Rp 40.831.521.960	Rp 41.346.847.282	

Lampiran 8. Biaya Operasional tiap kapal

Gaji Crew (Sumber : http://www.itfseafarers.org/what_wages.cfm)

Crew Wages					
Jumlah Crew		20 crew	1\$	Rp	13.500,00
No	Crew	Jumlah	Gaji		
1	Nahkoda	1	\$ 3.633	Rp	49.048.882
2	Chief Officer	1	\$ 2.346	Rp	31.665.574
3	2nd Officer	1	\$ 1.879	Rp	25.361.577
4	3rd Officer	1	\$ 1.811	Rp	24.444.367
5	4th Officer	1	\$ 1.811	Rp	24.444.367
6	Chief Engineer	1	\$ 3.302	Rp	44.579.305
7	2nd Engineer	1	\$ 1.879	Rp	25.361.577
8	3rd Engineer	1	\$ 1.811	Rp	24.444.367
9	4th Engineer	1	\$ 1.811	Rp	24.444.367
10	Pump Man	1	\$ 1.205	Rp	16.262.274
11	Pump Man	1	\$ 1.205	Rp	16.262.274
12	Sea Man	1	\$ 1.078	Rp	14.558.885
13	Sea Man	1	\$ 1.078	Rp	14.558.885
14	Oiler	1	\$ 802	Rp	10.831.810
15	Oiler	1	\$ 802	Rp	10.831.810
16	Boatswain	1	\$ 802	Rp	10.831.810
17	Electrician	1	\$ 1.879	Rp	25.361.577
18	Cooks	1	\$ 1.879	Rp	25.361.577
19	Stewards	1	\$ 919	Rp	12.404.170
20	Washman	1	\$ 802	Rp	10.831.810
Total Gaji Crew			\$ 32.733	Rp	441.891.266
			\$ 392.792	Rp	5.302.695.190

Asuransi Kapal

	Jenis Asuransi	Rate	Total Sum Insured	Premi
1.			(Harga Kapal)	Rate x Harga Kapal
2.	Hull and Machinery	1,50%	Rp 11.522.524.868	Rp 172.837.873,02
3.	Protection & Indemnity	1,50%	Rp 11.522.524.868	Rp 172.837.873,02
	Ship Wreck's Removal	1,50%	Rp 11.522.524.868	Rp 172.837.873,02
Total Premi Asuransi				Rp 518.513.619,06

Supplies Crew

Jumlah Crew	=	20
	Rp	
Supply crew	=	50.000
	Rp	per
Biaya SC	=	336.000.000 tahun

Dokumen & Administrasi

	Rp
per trip	= 5.000.000
	Rp
per tahun	= 80.000.000

OPERATIONAL COST			
1	Gaji Crew	Rp	5.302.695.190
2	Fresh Water	Rp	59.404.800
3	Repair & Maintanance	Rp	1.843.603.979
4	Asuransi	Rp	518.513.619
5	Lubricating Oil	Rp	335.742.738
6	Supply Crew	Rp	336.000.000
7	Dokumen	Rp	80.000.000
Total Operational Cost		Rp	8.475.960.327

Rekapitulasi Biaya Operasional Kapal

Biaya Operasional Kapal						
Kapal/Tipe Alat	Tanpa invest alat	Direct Flow Analysis	Side Stream Electrolysis	UV	Reception Facility	
MT. Kamojang	Rp 7.267.574.273	Rp 7.316.475.283	Rp 7.316.475.283	Rp 7.308.952.051	Rp	7.267.574.273
Sinar Jogya	Rp 8.475.960.327	Rp 8.524.861.337	Rp 8.524.861.337	Rp 8.517.338.104	Rp	8.475.960.327
Senipah	Rp 9.122.901.500	Rp 9.171.802.510	Rp 9.171.802.510	Rp 9.164.279.278	Rp	9.122.901.500
Gunung Geulis	Rp 17.451.030.573	Rp 17.499.931.583	Rp 17.499.931.583	Rp 17.492.408.351	Rp	17.451.030.573
Galunggung	Rp 13.372.485.711	Rp 13.421.386.722	Rp 13.421.386.722	Rp 13.413.863.489	Rp	13.372.485.711

Lampiran 9. Biaya Bongkar Muat Tiap Kapal

Kapal Sinar Jogya

Cilacap		
Tarif Muat	Rp 20.760	per ton/m3
Hong Kong Oil Terminal		
Tarif Bongkar	Rp 96.240	per ton/m3
Biaya Muat	Tarif x Payload x Frekuensi	
	Rp 8.160.506.880	per tahun
Biaya Bongkar	Tarif x Payload x Frekuensi	
	Rp 37.830.789.120	per tahun
Total Biaya B/M	Rp 45.991.296.000	per tahun

Biaya Cargo Handling Kapal						
Kapal/Tipe Alat	Tanpa invest alat	Direct Flow Electrolysis	Side Stream Electrolysis	UV	Reception Facility	
MT. Kamojang	Rp 49.776.109.110	Rp 49.776.109.110	Rp 49.776.109.110	Rp 49.776.109.110	Rp 50.442.680.324	
Sinar Jogya	Rp 45.991.296.000	Rp 45.991.296.000	Rp 45.991.296.000	Rp 45.991.296.000	Rp 43.116.840.000	
Senipah	Rp 187.934.877.000	Rp 187.934.877.000	Rp 187.934.877.000	Rp 187.934.877.000	Rp 180.724.845.960	
Gunung Geulis	Rp 149.194.890.000	Rp 149.194.890.000	Rp 149.194.890.000	Rp 149.194.890.000	Rp 146.547.637.080	
Galunggung	Rp 273.803.166.000	Rp 273.803.166.000	Rp 273.803.166.000	Rp 273.803.166.000	Rp 262.235.901.600	

Lampiran 10. Biaya per unit pengiriman minyak mentah tiap kapal

Total Biaya Kapal						
Kapal/Tipe Alat	Tanpa invest alat	Direct Flow Analysis	Side Stream Electrolysis	UV	Reception Facility	
MT. Kamojang	Rp 67.191.416.599	Rp 68.961.635.165	Rp 68.679.743.215	Rp 68.504.444.398	Rp 68.008.536.400	
Sinar Jogya	Rp 109.507.857.734	Rp 111.355.013.711	Rp 111.058.055.357	Rp 111.050.364.038	Rp 108.283.425.989	
Senipah	Rp 274.983.709.388	Rp 277.508.069.262	Rp 277.369.809.433	Rp 277.214.847.248	Rp 268.339.631.814	
Gunung Geulis	Rp 240.168.717.738	Rp 242.790.407.888	Rp 242.493.443.994	Rp 242.322.027.619	Rp 237.925.854.778	
Galunggung	Rp 334.750.146.895	Rp 337.416.779.966	Rp 337.150.174.506	Rp 336.720.939.170	Rp 324.011.163.445	

Perbedaan Muatan terangkut (ton)		
Kapal/Tipe Alat	Saat ini	Reception Facility
MT. Kamojang	425.437	457.545
Sinar Jogya	393.088	368.520
Senipah	1.606.281	1.258.977
Gunung Geulis	1.275.170	1.147.653

Biaya per unit didapatkan dari pembagian total biaya kapal dengan muatan terangkut per tahunnya.

Biaya per unit (per ton)						
Kapal/Tipe Alat	Tanpa invest alat	Direct Flow Analysis	Side Stream Electrolysis	UV	Reception Facility	
MT. Kamojang	Rp 157.935	Rp 162.096	Rp 161.433	Rp 161.021	Rp 148.638	
Sinar Jogya	Rp 278.584	Rp 283.283	Rp 282.527	Rp 282.508	Rp 293.833	
Senipah	Rp 171.193	Rp 172.764	Rp 172.678	Rp 172.582	Rp 213.141	
Gunung Geulis	Rp 188.343	Rp 190.398	Rp 190.166	Rp 190.031	Rp 207.315	
Galunggung	Rp 143.044	Rp 144.183	Rp 144.069	Rp 143.886	Rp 181.722	